

Instituto Politécnico de Setúbal



Escola Superior de Ciências Empresariais
Escola Superior de Tecnologia

***Atmosferas Explosivas em esteira de tubagens
no Terminal de Graneis Líquidos em Sines.***

Aplicações da Diretiva ATEX

Sérgio Gomes

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à
obtenção do grau de

Mestre em Segurança e Higiene no Trabalho

Orientador: Prof. Dr. Paulo Lima

Setúbal, 2015



APS

Administração
dos Portos de Sines
e do Algarve S.A.

ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

Sérgio Paulo Gomes
2015

DEDICATORIA

Dedico este estudo à minha família, em especial

**Do meu grande amor
para os meus amores maiores
Lúcia, Rita, Dora,
Beijos,**

AGRADECIMENTOS

Apesar de uma dissertação ser um trabalho pessoal, existem pessoas sem as quais este trabalho teria sido inexequível, não consigo agradecer a todos de uma forma justa e abrangente, no entanto não ficaria completo sem uma referência a colaboração dessas pessoas, as quais transmito os mais sinceros agradecimentos:

A minha **família**, pela compreensão e pelo incalculável apoio.

Ao Professor Doutor **Paulo Lima**, pela disponibilidade e dedicação sempre manifestadas.

Ao Comandante **Brazuna Fontes**, pelo apoio e transmissão de conhecimentos.

Aos **colegas** de curso, pela agradável convivência.

Ao **IPS - ESCE**, pela confiança depositada.

A **APS**, pela receptividade.

Aos **amigos**, que incentivaram e acreditaram no meu trabalho.

EPÍGRAFE

“ Felizmente, as explosões e os acidentes provocados por incêndios não são as causas mais frequentes de acidentes no trabalho, embora tenham consequências profundas e dramáticas em termos de perda de vidas humanas e de custos económicos.” ¹



Figura 1 Acidente grave, explosão numa esteira de tubagens no porto de Leixões (2012).

“A adoção de medidas legislativas insere-se no compromisso de integrar na abordagem global de bem-estar no trabalho a saúde e a segurança dos trabalhadores no local de trabalho.” ¹

¹ Guia de boa prática de carácter não vinculativo para a aplicação da Diretiva 1999/92/CE (2003). Parlamento Europeu e do Conselho (p.3).

RESUMO

O Terminal de Graneis Líquidos do Porto de Sines é o maior do país, possui seis postos de acostagem com capacidade para receber navios de grande porte, dispõe de uma esteira de tubagens para a movimentação dos produtos entre o Porto e as diversas unidades industriais. A esteira de tubagens permite as operações de carga e descarga, bem como, operações de trasfega entre navios atracados nos diferentes postos, com movimentação simultânea de diversos produtos petrolíferos. A esteira de tubagens é constituída por tubos em aço ao nível do solo, ligados por meio de flanges e soldas. Os riscos presentes nestas movimentações de produtos estão essencialmente associados à possível libertação de substâncias inflamáveis sob a forma de gases ou vapores que poderão criar atmosferas potencialmente explosivas.

A necessidade de reduzir a ocorrência de incêndios e explosões nos locais de trabalho, por motivos humanos e económicos, levou à criação da Diretiva ATEX relativa às prescrições mínimas de segurança que integram a responsabilidade do empregador, que deve evitar a formação de atmosferas explosivas, mas se isso for inexecutável, deve evitar a sua deflagração, bem como a propagação de acidentais explosões.

Portugal transpôs as Diretrizes Europeia 94/9/CE (ATEX 95) e 1999/92/CE (ATEX 137), através do Decreto-Lei n.º 112/96 e Decreto-Lei n.º 236/2003 de 30 de Setembro que impõe que em todos os locais onde se detete a presença de atmosferas explosivas se adotem medidas de prevenção e proteção dos trabalhadores e dever-se-á classificar as áreas perigosas onde se possam formar essas atmosferas.

Esta dissertação estuda a fenomenologia da atmosfera explosiva e as recíprocas consequências numa esteira de tubagens, reflete também as medidas consideradas adequadas para complementar as condições de segurança presentes, por forma a reduzir a possibilidade de incidentes/acidentes e a minorar as suas consequências tanto na saúde dos trabalhadores como no investimento realizado na empresa.

Palavras-chave: esteira de tubagens; atmosferas explosivas; ATEX; medidas de prevenção; explosões.

ABSTRACT

The liquid bulk terminal at Sines harbor, is the biggest in the country. It has six berths with the ability to receive big ships. It has wake pipes that allow the movement of products between the harbor and its several industrial units. The wake pipes allow charging and discharging operations, racking operations between ships berth in the different posts with a simultaneous movement of several petroleum products. They are constituted by steel tubes at the ground level, connected by flanges and welds. The risks within the movement of these products are essentially associated to the possible release of inflammable substances, like gases or steams that might create potentially explosive atmospheres.

The need to reduce fires and explosions at work places, due to human or economic reasons, led to the creation of the ATEX Directive. This Directive prescribes minimum security conditions and assigns responsibilities to the employer that must avoid the formation of explosive atmospheres, but if this is unachievable, he must avoid its deflagration, as well as the spread of accidental explosions.

Portugal transpose the European Directives 94/9/CE (ATEX 95) and 1999/92/CE (ATEX 137), through the **Decreto-Lei n.º 112/96** and **Decreto-Lei n.º 236/2003** of 30th september that imposes that in all locations where you notice the presence of explosive atmospheres, should be adopted prevention measures, worker protection measures and the hazardous areas where that atmospheres might be formed should be classified.

This dissertation studies the phenomenology of the explosive atmosphere and the reciprocal consequences in the wake pipes. It also reflects the accurate measures to complement the security conditions in such a way that it reduces the possibility of accidents and lowers its consequences both in the health of workers and in the investment made by the company.

Keywords: wake pipes; explosive atmospheres; ATEX; prevention measures; explosions.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
EPÍGRAFE	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DAS TABELAS	x
LISTA DE SIGLAS e ABREVIATURAS	xi
GLOSSÁRIO	xii
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO 2	3
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO	3
2.3 FONTES DE IGNIÇÃO	5
2.4 CORES NORMALIZADAS DE SINALIZAÇÃO DE TUBAGENS	7
2.5 CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS ATEX	8
2.6 CÁLCULOS ATEX	9
2.7 APARELHOS E SISTEMAS DE PROTEÇÃO PARA ZONAS ATEX	11
2.8 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E PROTEÇÃO	13
CAPÍTULO 3	14
3. METODOLOGIAS	14
3.1 METODO	14
3.2 PARTICIPANTES/AMOSTRA	14
3.3 INSTRUMENTOS/MATERIAL	15
3.4 PROCEDIMENTOS	16
CAPÍTULO 4	16
4. ESTUDO DE CASO “ ESTEIRA DE TUBAGENS TGLS ”	16
4.1 CONTROLO DAS ATMOSFERAS	16

4.1.1 Explosividade ou inflamabilidade	16
4.3.2 Toxicidade	18
4.3.3 Carência de Oxigénio	18
4.4 DILATAÇÃO LINEAR NA ESTEIRA DE TUBAGEM DO TGLS.....	18
4.5 SEIS ETAPAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS ATEX.....	21
4.5.1 - 1ª Etapa - Identificar as substâncias no processo	21
4.5.2 - 2ª Etapa - Seguir uma linha de orientação do trabalho	24
4.5.3 - 3ª Etapa - as fontes e o grau de libertação de fuga	25
4.5.4 - 4ª Etapa - o grau e a disponibilidade de ventilação	26
4.5.5 - 5ª Etapa - Determinar o tipo de zona ATEX	29
4.5.6 - 6ª Etapa - Determinar a extensão da zona ATEX	30
4.6 EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS ATEX.....	31
4.7 TRABALHOS NAS ESTEIRAS DE TUBAGENS	32
CAPÍTULO 5	34
5. MEDIDAS DE PREVENÇÃO	34
5.1 MEDIDAS DE PREVENÇÃO IMPLEMENTADAS NA ESTEIRA DE TUBAGENS....	34
5.2 ESTUDO DE SEGURANÇA	35
5.3 PREVENÇÃO FORMAÇÃO ATEX.....	37
5.3.1 Medidas de prevenção e proteção contra explosões	37
5.3.2 Medidas organizacionais de proteção contra explosões	37
5.4 Tipos de fugas.....	39
5.4.1 Comportamento das Fugas	39
5.4.2 Consequências das fugas	40
5.5 SIMULAÇÕES E ANÁLISES DE SENSIBILIDADE	40
5.5.1 Condições do Cenário	45
5.5.2 Ações de proteção	49
5.6 DISTÂNCIA DE SEGURANÇA	50
CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE A	55
Apêndice B	56
Apêndice C	58
Anexo A	59
Anexo B	60
Anexo C	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Acidente grave, explosão numa esteira de tubagens no porto de Leixões (2012).....	iv
Figura 2 AT+EX= ATEX =Atmosferas Explosivas.....	xii
Figura 3 Classificação das substâncias ATEX.....	xii
Figura 4 Sinal de aviso Atmosferas Explosivas.....	1
Figura 5 Painel de sinalização de acesso a esteira de tubagens.....	2
Figura 6 Triângulo do fogo.....	4
Figura 7 Tetraedro do fogo.....	5
Figura 8 Ciclo de vida do fogo.....	5
Figura 9 Adaptação da classificação das cores das tubagens segundo a NP-182 1966.....	7
Figura 10 Adaptação da classificação das cores adicionais segundo a NP-182 1966.....	7
Figura 11 Cálculos das cores adicionais segundo a NP-182 1966.....	7
Figura 12 Adaptação do Decreto-Lei 236/03.....	8
Figura 13 Relacionamento entre o volume hipotético e a extensão do volume de gás em fuga.....	9
Figura 14 Marcações dos equipamentos elétricos.....	11
Figura 15 Medidas de prevenção e proteção previstas no DL nº. 236/2003.....	13
Figura 16 Postos 6/7 de Acostagem no Terminal Graneis Líquidos de Sines.....	14
Figura 17 Postos de Acostagem no Terminal Graneis Líquidos de Sines.....	15
Figura 18 Esteira de tubagens junto ao Farol de Sines.....	16
Figura 19 Zona de explosividade dos gases de hidrocarboneto, limitada pelo LSE e LIE.....	17
Figura 20 Hexágono de explosão.....	17
Figura 21 Dilatação linear, por intermédio da fórmula $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$	19
Figura 22 Relação linear entre as variáveis comprimento linear L e temperatura T.....	19
Figura 23 Lira vertical no TGLS.....	20
Figura 24 Adaptação do Guia para classificação de zonas ATEX de Carlos Ferreira.....	21
Figura 25 Esteira de tubagens do TGLS vista aérea Google Earth 2015.....	23
Figura 26 Fatores que influenciam a corrosão nas tubagens do TGLS.....	24
Figura 27 Corrosão generalizada no TGLS.....	24
Figura 28 Exemplos de classificação de zonas ATEX no TGLS.....	28
Figura 29 Trabalhos de decapagem na esteira de tubagem no TGLS.....	32
Figura 30 Fluxograma de risco ATEX na Esteira de tubagens.....	36
Figura 31 Medidas de prevenção.....	38
Figura 32 Distancias de Segurança.....	39
Figura 33 Consequência das fugas na esteira de tubagens no TGLS.....	40
Figura 34 Nuvem de vapor devido a rutura da tubagem.....	41
Figura 35 Arvore de eventos para uma fuga de um gás inflamável.....	45
Figura 36 Árvore de eventos para uma liberação de um líquido inflamável.....	45
Figura 37 Nuvem de vapores da gasolina, programa PHAST™.....	46
Figura 38 Vista superior da deslocação da nuvem de vapores, programa PHAST™.....	47
Figura 39 Fluxo da radiação térmica "Flash fire" programa PHAST™.....	48
Figura 40 Fluxo da radiação térmica "jet fire", programa PHAST™.....	49
Figura 41 Esteira de tubagens TGLS e o edificado limítrofe de Sines.....	50
Figura 42 Flare REPSOL no TGLS.....	51

ÍNDICE DAS TABELAS

<i>Tabela 1</i>	<i>Resumo da aplicação das Diretivas e correspondentes DL</i>	<i>3</i>
<i>Tabela 2</i>	<i>Ocorrências das fontes de ignição. Fonte: responsabilidade do Autor</i>	<i>5</i>
<i>Tabela 3</i>	<i>Adaptação da Norma EN 1127-1:2007</i>	<i>6</i>
<i>Tabela 4</i>	<i>Adaptação do Guia ATEX de Carlos Ferreira</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 5</i>	<i>Grupos de equipamento</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 6</i>	<i>Tipos de proteção reconhecidos pela CEI</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 7</i>	<i>Medidas, caráter e objetivo final</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 8</i>	<i>Etapas da Dissertação de Mestrado em SHT</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 9</i>	<i>Causas de incêndio</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 10</i>	<i>Valor do coeficiente de dilatação linear de algumas substâncias</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 11</i>	<i>Equipamentos existentes na esteira de tubagens do TGLS</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 12</i>	<i>Substâncias inflamáveis e suas características apresentadas da norma 60079</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 13</i>	<i>Características do GPL, Butano e Propano</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 14</i>	<i>Produto movimentados nos postos do TGLS</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 15</i>	<i>Elemento de fuga na esteira de tubagens</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 16</i>	<i>Tipo de grau de libertação</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 17</i>	<i>Disponibilidade de ventilação</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 18</i>	<i>Grau de ventilação</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 19</i>	<i>Influência da ventilação no tipo de zona</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 20</i>	<i>Exemplo Classificação das zonas de atmosfera explosiva no TGLS</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 21</i>	<i>Classificação das zonas de atmosfera explosiva no TGLS</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 22</i>	<i>Parâmetros para determinar a extensão das zonas de ATEX no TGLS</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 23</i>	<i>Determinar a extensão das zonas de atmosfera explosiva no TGLS</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 24</i>	<i>Classes de temperatura</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 25</i>	<i>Campo de aplicação em função da classe "T" e da temperatura</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 26</i>	<i>Controlo de trabalhos na esteira de tubagens do TGLS</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 27</i>	<i>Análise Preliminar de Riscos do TGLS</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 28</i>	<i>Divisão das zonas de trabalho</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 29</i>	<i>Média da Temperatura máxima do ar (°C)</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 30</i>	<i>Intensidade média do vento (m/s)</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 31</i>	<i>Definição de cada índice de concentração AEGL</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 32</i>	<i>Reference Manual BEVI Risk Assessment- the Netherlands (2009)</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 33</i>	<i>Indicadores de consequências do alcance da nuvem de gasolina</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 34</i>	<i>Indicadores e consequências da fuga de gasolina</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 35</i>	<i>Indicadores e efeitos/consequências do nível de radiação, programa PHAST™</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 36</i>	<i>classificação das áreas em quatro categorias adaptação Portaria nº 765/2002</i>	<i>50</i>

LISTA DE SIGLAS e ABREVIATURAS

ACT - Autoridade para as Condições do Trabalho.
AEGL - Acute Exposure Guideline Levels.
APR - Análise Preliminar de Riscos.
APS - Administração do porto de Sines e do Algarve S.A.
ARICA - Aparelho de Respiração de Circuito Aberto.
AT – Autorização de Trabalho.
ATEX - Atmosferas Explosivas.
BLEVE - Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion.
CE- Comissão Europeia.
CEE- Comunidade Económica Europeia.
CLT - Consorcio Logístico de Terminais.
DL- Decreto-lei.
EPC - Equipamento de proteção coletivo.
EPI - Equipamento de proteção individual.
EN - Norma Europeia.
FDS - Ficha de Dados de Segurança.
FMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos.
FTA - Análise da Árvore de Falhas.
IPMA - Instituto Português do Mar e Atmosféra.
LII/E - Limite Inferior de Inflamabilidade / Explosividade.
LSI/E - Limite Superior de Inflamabilidade / Explosividade.
MPCE - Manual de Proteção Contra Explosões.
NFPA - National Fire Protection Association.
NNW - Nor-Noroeste.
NP- Norma Portuguesa.
OIT - Organização Internacional do Trabalho.
PHA - Preliminary Hazerd Analysis.
SHT - Segurança e Higiene no Trabalho.
TGLS - Terminal de Granéis Líquidos de Sines.
UVCE - Unconfined vapor cloud explosion.

GLOSSÁRIO

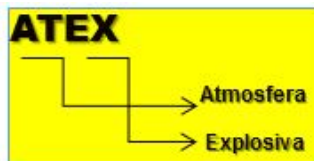


Figura 2 AT+EX=ATEX =Atmosferas Explosivas

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

Atmosfera Explosiva - Uma mistura com o ar, em condições atmosféricas (-20° C a 60° C e 0,8 bar a 1,1 bar), de substâncias inflamáveis sob a forma de gases, vapores, névoas ou poeiras, na qual, após ignição, a combustão se propague a toda a mistura não queimada. (Dir. 1999/92/CE). **Atmosfera potencialmente explosiva** - é aquela que pode converter-se em explosiva devido as circunstâncias pontuais, locais e de funcionamento.

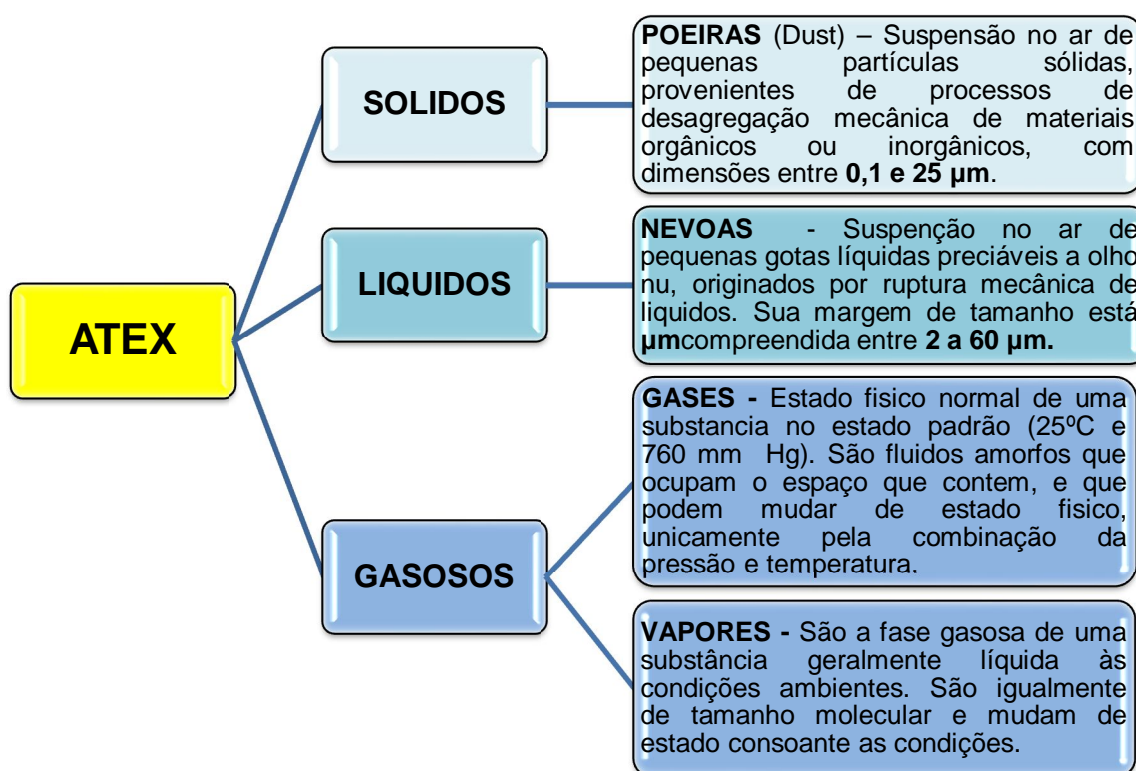


Figura 3 Classificação das substâncias ATEX.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

Explosão - É um processo caracterizado por súbito aumento de volume e grande liberação de energia, geralmente acompanhado por altas temperaturas e produção de gases. Uma explosão provoca ondas de pressão ao redor do local onde ocorre. Explosões são classificadas de acordo com essas ondas: em caso de ondas subsônicas, tem-se uma deflagração, em caso de ondas choque, tem-se uma detonação.

Limites de explosividade - Pode ocorrer uma explosão quando a concentração da substância inflamável suficientemente dispersa no ar ultrapassa um valor mínimo (**LIE** - Limite Inferior de Explosão). Não ocorrerá uma explosão quando a concentração de gás ou vapor exceder um valor máximo (**LSE** - Limite Superior de Explosão). Os limites de explosão alteram-se em

condições não atmosféricas. Em geral, a gama de concentrações entre os limites de explosão aumenta com a subida da pressão e da temperatura da mistura.

Ponto de Inflamação, Ponto de fulgor, *flash point* - Temperatura mínima à qual, sob condições de teste específicas, um líquido liberta gás ou vapor inflamável em quantidade suficiente para se incendiar instantaneamente sob a ação de uma fonte de ignição efetiva.

Ponto de ebulição ou temperatura de ebulição - refere-se ao período de um processo onde um líquido está a sofrer mudança de fase reduzindo sua fração em estado líquido e aumentando sua fração em estado gasoso, dadas as condições limítrofes como pressão atmosférica e taxa de calor.

Temperatura de Autoignição - A temperatura mais baixa de uma superfície quente, determinada sob condições de ensaio específicas, na qual ocorrerá a ignição de uma substância combustível sob a forma de mistura de gás, vapor ou poeira com o ar.

Tubagem - *os componentes de condutas unidos entre si para serem integrados num sistema sob pressão e que se destinam ao transporte de fluidos, nomeadamente um tubo ou sistema de tubos, canos, acessórios tubulares, juntas de dilatação, tubos flexíveis e outros componentes apropriados resistentes à pressão, sendo considerados equivalentes a tubagens os permutadores de calor compostos por tubos e destinados ao arrefecimento ou aquecimento de ar. DL 211/99, 14 de Junho Art.º 2 c)*

Fluidos - *quaisquer gases, líquidos ou vapores puros e respetivas misturas, podendo conter sólidos em suspensão. DL 211/99, 14 de Junho Art.º 2 m)*

Efeitos Dominó - Fenómeno que sucede quando os resultados físicos produzidos num acidente são capazes de originar dano em equipamentos adjacentes, originando novas fugas e desenvolvendo os efeitos do acidente. Os critérios para definir as zonas onde se podem produzir Efeitos Dominó são: Zonas de radiações > 12.5 kW/m² e Sobrepressões > 0.3 bar.

Transporte tubular - Existem vários tipos de transportes, Terrestre (Rodoviário, Ferroviário, Tubulares), Aquático (marítimo e fluvial) e Aéreo. O transporte tubular abrange todas as partes constituintes físicos, incluindo as (tubagens, válvulas, etc.) através da qual os líquidos ou gases são transportados.

Área não perigosa – uma área em que não é provável a formação de atmosferas explosivas em concentrações que exijam a adoção de medidas provenientes especiais.

Área perigosa – uma área na qual se pode formar uma atmosfera explosiva em concentrações que exijam a adoção de medidas de prevenção especiais a fim de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores abrangidos.

Pontos Perigosos – os locais onde a ocorrência de um foco de incêndio apresenta maiores riscos, tanto na perspetiva de probabilidade de ocorrência como quanto à gravidade das suas consequências. (*exemplo*: as tubagens que transportam produtos perigosos).

Pontos Nevralgicos – todos os locais que, se afetados, podem pôr em causa o normal funcionamento do TGLS. (*exemplo*: Quartel de Bombeiros da APS).

Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Hidrocarboneto>

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Já passados 16 anos da publicação da Diretiva ATEX, Portugal continua a ter falhas de prevenção e proteção dos trabalhadores e das instalações, assim como também no saber técnico para uma exata classificação de zonas ATEX, permanecendo as empresas expostas ao risco de explosão que maioritariamente encontra-se falsamente protegido.

Assim nasce a ideia de desenvolver o presente estudo com o desígnio de contribuir, de uma forma justificável, para a prevenção na APS - TGLS, no que diz respeito a temas relativos à segurança aos perigos da ocorrência de explosão de atmosferas explosivas.

Pretende-se colaborar para o progresso de normas e procedimentos, que possam aperfeiçoar as medidas organizacionais de proteção contra explosões, sendo estas medidas muito importantes em matéria de segurança, uma vez que em caso de explosão os trabalhadores correm risco de vida, pois ficam expostos a radiação térmica proveniente do efeito descontrolado das chamas, a variação abrupta de pressão, bem como dos produtos de reação nocivos e da falta de oxigénio do ar, insubstituível à respiração do homem. Os materiais também sofrem consequências dando origem a perigos emergentes das explosões, como é o caso dos destroços projetados ou colapso de estruturas.

Em virtude de não ser possível garantir que o TGLS, mais propriamente na esteira de tubagens, não possa vir a existir uma atmosfera inflamável ou explosiva, como também não é possível assegurar que os equipamentos elétricos utilizados ou instalados na esteira de tubagens nunca desencadearão fontes de ignição, se justifica a pertinência desta dissertação.



Figura 4 Sinal de aviso Atmosferas Explosivas

Esta incerteza em torno da esteira de tubagens da origem à seguinte pergunta de partida:
“Como é percecionada as prioridades dadas à segurança em zonas de atmosferas explosivas na esteira de tubagens considera-se um risco emergente ou ignorado?”

Neste contexto o estudo realizado visa fornecer um contributo relevante ao TGLS para o cumprimento da Diretiva 1999/92/CE:

- *Relativa às prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria da proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores suscetíveis de exposição a riscos derivados de atmosferas explosivas.*
- *Determinação metódica e adequada da classificação das áreas onde se possam formar atmosferas explosivas em função da frequência e da duração das mesmas.*
- *Proporcionar uma reflexão sobre eventuais melhorias aos métodos de mitigação de consequências em acidentes graves na esteira de tubagens, correspondentes as medidas de prevenção específicas a tomar para proteger a vida e a saúde dos trabalhadores.*
- *Proposta para elaboração de um manual de proteção contra explosões que identifique as situações de perigo, avalie os riscos correspondentes as medidas de prevenção.*



Figura 5 Painel de sinalização de acesso a esteira de tubagens.

1.1 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O propósito deste estudo foi o entendimento e implementação na APS-TGLS da Diretiva ATEX, em relação à análise de riscos da esteira de tubagens, por forma a mesma minimizar os riscos existentes, mediante a adoção de diferentes medidas de controlo.

Objetivos Gerais

- Analisar a necessidade de integração da Diretiva ATEX no TGLS, na esteira de tubagens.
- Analisar o empenhamento dos colaboradores no cumprimento das regras e normas de segurança e higiene no trabalho.
- Efetuar revisões dos processos existentes na APS-TGLS, das metodologias de identificação de perigo e avaliação de riscos.

Objetivos Específicos

- Identificar as perceções dos responsáveis de SHT sobre as prioridades dadas à segurança e face a sua melhoria.
- Identificar as atitudes dos trabalhadores face às regras de segurança.
- Identificar eventuais melhorias das normas e dos procedimentos adotados na realização de trabalhos na esteira de tubagens, que possam aperfeiçoar as medidas organizacionais de proteção contra explosões.

- Realizar eventuais melhorias na classificação de áreas com perigo de explosão na APS na esteira de tubagens.
- Ilustrar metodologia para a elaboração do Manual de Proteção Contra Explosões.
- Contribuir para eventuais melhorias no critério para proteção contra os riscos de ignição em zonas ATEX como base numa seleção adequada de equipamentos e dispositivos elétricos na esteira de tubagens.
- Contribuir para o conhecimento do potencial dos softwares de cálculo de modelação de acidentes com produtos inflamáveis ou explosivos.
- Testar as hipóteses de ocorrência de cenários na esteira para o estudo de caso.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO DA LITERATURA

Com a realização da presente dissertação pretende-se contribuir para a melhoria contínua da prevenção das explosões, em especial, ao nível da segurança portuária, foi efetuada uma pesquisa do tema em análise e verificou-se que o mesmo se encontra presente em vários tipos de diplomas legais nacionais e internacionais, trabalhos académicos e documentos científicos. Mas especificamente sobre aplicabilidade da Diretiva ATEX em Terminais portuários em esteira de tubagens ao nível do solo existe muito pouca informação.

2.1 ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO

ANO	LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO
1976	Diretiva 76/117/CEE	Diretiva Quadro relativa ao equipamento elétrico utilizado em atmosferas explosivas de superfície
1979	Diretiva 79/196/CEE	Material elétrico utilizável em atmosfera explosiva que emprega certos tipos de proteção
1982	Diretiva 82/130/CEE	Equipamento elétrico utilizado em atmosferas potencialmente explosivas de minas com grisu
1994	Diretiva	Diretiva Equipamento
ATEX 95	94/9/CE	Define o equipamento e os requisitos de certificação
1996	Decreto-Lei N.º 112/96	Estabelece as regras de segurança e de saúde relativas aos aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas.
1997	Portaria N.º 341/97	Regulamenta os procedimentos de conformidade dos aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas.
1999	Diretiva	Diretiva Proteção dos trabalhadores
ATEX 137	1999/92/CE	Classificação de zonas e declara qual a categoria do produto passível de ser utilizado nessa zona
2003	Decreto-Lei N.º 236/2003	Prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria da proteção da SST suscetíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas.

Tabela 1 Resumo da aplicação das Diretivas e correspondentes DL.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

2.2 FENÓMENO DA COMBUSTÃO

O **fogo** compreendido pelos homens desde a pré-história pode ser ponderado como uma das suas conquistas no domínio da natureza. O fogo é uma manifestação da combustão, quando deixa de ser controlado surge o incêndio com todos os seus catastróficos corolários. A **combustão** é uma reação de oxidação entre um agente combustível e um comburente, provocada por uma energia de ativação. Essa reação é exotérmica ou seja com libertação de calor. O **combustível** é qualquer substância na forma gasosa, líquida ou sólida, que seja capaz de arder quando submetida a aquecimento. O **comburente** é uma atmosfera ou corpo gasoso em cuja presença o combustível pode arder. Para que um fogo se inicie é necessário que o combustível e o comburente se encontrem em determinadas condições favoráveis, de modo a que a reação se produza. Entre outras condições, é necessário a existência de uma energia para o início da combustão, a que se designa por **energia de ativação** e se manifesta sob a forma de calor. Uma faísca ou uma chama não são as únicas fontes de ignição, um aumento de temperatura da superfície de um material pode causar uma explosão se for superior a temperatura de ignição de um gás circundante ou mistura de substâncias. Estes três elementos formam o que se designa por **triângulo do fogo**. O oxigénio do ar circundante = sempre presente, uma substância inflamável (gás, vapores, névoas ou poeiras) e uma fonte de ignição: equipamentos elétricos, eletricidade estática, campo eletromagnético ou outra fonte de calor. Removendo apenas um dos três elementos elimina todos os riscos. Uma vez iniciada a combustão, pela ação conjunta do combustível, comburente e energia de ativação, desenvolvem-se radicais livres (partículas extremamente instáveis que se deslocam a velocidades muito elevadas, possuindo grande energia.) que levam ao aparecimento da reação em cadeia, sustentando desta forma a continuidade da combustão.



Figura 6 Triângulo do fogo. (Fonte: Manual de Brigadas de Incêndio - ENB)

Podemos então dizer que existe o **tetraedro do fogo**. A terceira teoria designa-se por **ciclo de vida do fogo**, esta teoria, da combustão é ordenado em seis passos, três dos quais são iguais às da teoria do triângulo do fogo. Muitos dos acidentes industriais desastrosos estão relacionados com riscos resultantes de atmosferas explosivas.

São muitos os trabalhos que se realizam na atividade industrial que estão fortemente relacionados com o desenvolvimento de atmosféricas perigosas, que poderão originar incêndios, explosões ou deficiência em oxigénio. O desazo de reconhecer os riscos potenciais,

a não utilização ou utilização não adequada de procedimentos corretos para controlo/eliminação dos riscos são as causas que em grande parte desencadeiam acidentes ligados a atmosferas explosivas. Quando existe a possibilidade de se formar uma atmosfera explosiva é necessário adotar medidas de prevenção e proteção, técnicas e organizacionais. O primeiro objetivo é evitar a ocorrência de uma atmosfera explosiva, quando não é possível, devem ser tomadas medidas para eliminar a presença de fontes de ignição efetivas.



Figura 7 Tetraedro do fogo. (Fonte: Manual de Brigadas de Incêndio - ENB)



Figura 8 Ciclo de vida do fogo. (Fonte: responsabilidade do Autor.)

2.3 FONTES DE IGNIÇÃO

Para calcular a possibilidade de ocorrência de qualquer fonte de ignição pode-se utilizar um dos seguintes métodos o FTA, FMEA. As fontes de ignição devem ser classificadas conforme o índice "C" de acordo com a probabilidade de sua ocorrência:

Presença	Descrição	Índice C
Continuamente	Fontes de ignição, que podem ocorrer de forma contínua.	3
Algumas vezes	Fontes de ignição que podem ocorrer em situações raras.	2
Raramente	Fontes de ignição, que podem ocorrer em situações muito raras.	1
Nunca	Fontes de ignição que podem nunca ocorrer	0

Tabela 2 Ocorrências das fontes de ignição. Fonte: responsabilidade do Autor.

TREZE POSSÍVEIS FONTES DE IGNIÇÃO

Fonte de ignição	Descrição
Superfícies quentes	Se uma atmosfera explosiva entrar em contacto com uma superfície quente a ignição pode ocorrer. Não só uma superfície quente por si própria pode agir como fonte de ignição, como também uma camada de poeira combustível em contacto com uma superfície quente e incendiado pela mesma pode agir como fonte de ignição para uma atmosfera explosiva.
Chamas e gases quentes	As chamas estão associadas às reações de combustão a temperaturas superiores a 1000 °C. Os gases quentes são produzidos como produtos de reação e, no caso de poeira e/ou chamas fuliginosas também são produzidas partículas sólidas ardentes.
Faíscas geradas mecanicamente	A utilização de ferramentas que possam produzir faíscas geradas mecanicamente pode provocar a ignição de substâncias inflamáveis.
Instalações elétricas	No caso de aparelhos elétricos, as faíscas elétricas e as superfícies quentes podem ocorrer como fontes de ignição. As faíscas elétricas podem ser geradas, por exemplo: quando os circuitos elétricos são abertos e fechados; por ligações soltas e/ou por correntes de fuga.
Correntes elétricas de fuga, proteção catódica	Se as partes de um sistema capazes de transportar correntes de fuga forem desligadas, ligadas ou em forma de ponte - mesmo no caso de diferenças de potencial ligeiras - uma atmosfera explosiva pode ser incendiada como resultado de faíscas elétricas e/ou arcos. Além disto, a ignição também pode ocorrer devido ao aquecimento destes percursos da corrente.
Elettricidade estática	A descarga de peças carregadas, isoladas por condutor, pode facilmente conduzir a faíscas que apresentam risco de inflamação.
Descargas atmosféricas	Se um relâmpago entrar numa atmosfera explosiva, a ignição irá sempre ocorrer. Além disso, existe também a possibilidade de ignição devido à alta temperatura atingida por raios condutores.
Ondas Eletromagnéticas de Frequência de Rádio 104 – 3x1012 Hz	As ondas eletromagnéticas são emitidas por todos os sistemas que geram e utilizam energia de frequência de rádio, por exemplo, transmissores de rádio, geradores industriais ou médicos RF para aquecimento, secagem, endurecimento, soldadura, corte, entre outros. Todas as partes condutoras localizadas no campo de radiação funcionam como antenas de receção. Se o campo for suficientemente potente e se a antena de receção for suficientemente grande, estas partes condutoras podem causar a ignição em atmosferas explosivas.
Ondas Eletromagnéticas de 3x1011 – 3x1015 Hz	A radiação nesta gama espectral pode, especialmente quando concentrada, tornar-se uma fonte de ignição através da absorção por atmosferas explosivas ou superfícies sólidas.
Radiação ionizante	A radiação por ionização, gerada por exemplo, tubos de raio X e substâncias radioativas podem incendiar ATEX como resultado da absorção de energia.
Ultra-sons	Na utilização de ondas e som ultra-sónicas, uma grande proporção da energia emitida pelo transdutor eletroacústico é absorvida por substâncias líquidas ou sólidas. Como resultado a substância exposta a ultra-sons aquece de forma a que, em casos extremos, a ignição pode ser induzida.
Compressão adiabática e ondas de choque	No caso de compressão adiabática ou quase adiabática e nas ondas de choque, podem ocorrer tais altas temperaturas que as atmosferas explosivas (e a poeira depositada) podem incendiar.
Reações Exotérmicas, Auto-Ignição de Poeiras	As reações exotérmicas podem atuar com uma fonte de ignição quando a taxa de geração de calor excede a taxa de perda de calor para as imediações. Muitas reações químicas são exotérmicas.

Tabela 3 Adaptação da Norma EN 1127-1:2007.

2.4 CORES NORMALIZADAS DE SINALIZAÇÃO DE TUBAGENS

A Norma NP-182 prevê a classificação dos fluidos canalizados em dez grupos gerais, aos quais correspondem cores convencionais e cores de fundo.

✓ Cores de fundo

As cores de fundo serão aplicadas em toda a extensão da tubagem. Os elementos inseridos em tubagem com cor não especificada serão pintados na cor de fundo da tubagem correspondente, salvo se o fluído é destinado ao combate ao incêndio, neste caso os aparelhos devem ser pintados de vermelho.

Cor de Fundo	Grupo código de algarismo	Fluido
verde	1	Água
Cinza	2	Vapor de Água
Azul claro	3	Ar
Ocre	4	Gases Combustíveis
	5	Gases Incombustíveis
Violeta	6	Ácidos
	7	Álcalis
Castanho	8	Líquidos Combustíveis
	9	Líquidos Incombustíveis
Preto	0	Líquidos não identificados

Figura 9 Adaptação da classificação das cores das tubagens segundo a NP-182 1966

Cores adicionais

As cores convencionais de fundo podem ser combinadas com anéis coloridos adicionais (estas cores encontram-se definidas na norma NP-522).

Sempre que se utiliza uma cor adicional, esta deve ser pintada em

anel de largura igual a 2 vezes o diâmetro exterior do tubo, incluindo o forro quando existir mas nunca inferior as 75 mm.


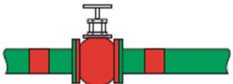




Tipo de Instalação	Cor adicional	Aplicação
Contra Incêndios		
Fluido Perigoso		
Água Doce		

Figura 10 Adaptação da classificação das cores adicionais segundo a NP-182 1966.

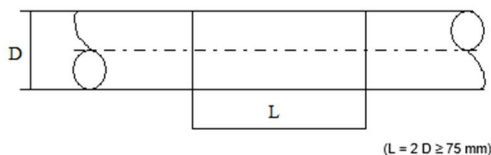


Figura 11 Cálculos das cores adicionais segundo a NP-182 1966.

✓ Sinais adicionais

Na identificação completa dos fluídos canalizados, pode ser utilizado um dos sistemas adicionais seguintes:

- Nome completo (água potável).
- Letras convencionais (AGP).
- Fórmula química (H₂O).
- Algarismos convencionais (01).

- Sentido da corrente dos fluídos canalizados (uma seta pintada a branco ou a preto como cor de contraste da cor de fundo).

As letras e os algarismos serão de preferência os dos tipos da NP-89 e a sua altura h , quando planificados, deve satisfazer à condição: $h \geq 0,5 d$ (d é o diâmetro exterior da tubagem).

2.5 CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS ATEX

O objetivo da classificação em zonas distintas tem dois objetivos segundo ATEX 1999/92/CE:

- Especificar as categorias de materiais utilizadas nas zonas indicadas, certificando que estão adaptadas a gases, vapores ou névoas e/ou poeiras.
- Classificar os espaços de risco em zonas com a finalidade de evitar as fontes de inflamação e para efetuar uma seleção correta dos materiais elétricos e não-elétricos.

As áreas perigosas são classificadas, em função da frequência e da duração da presença de atmosferas explosivas nas seguintes zonas:

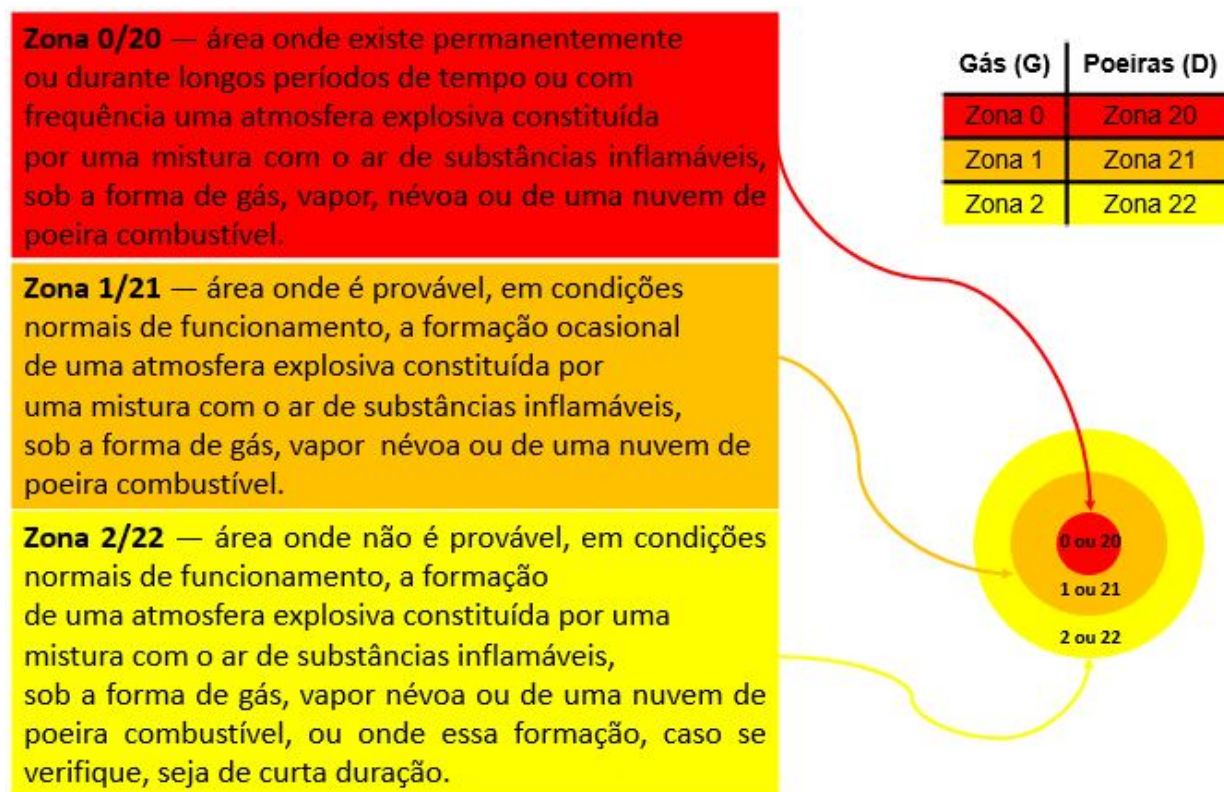


Figura 12 Adaptação do Decreto-Lei 236/03

Classificação das áreas perigosas ATEX.

2.6 CÁLCULOS ATEX

Estimativa do volume hipotético (V_z) representa o volume no qual a concentração média do gás ou vapor inflamável é 0,25 ou 0,5 vezes LIE, dependendo do valor do fator de segurança k .



Figura 13 Relacionamento entre o volume hipotético e a extensão do volume de gás em fuga.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

O relacionamento do V_z e a extensão das áreas perigosas depende, primariamente da direção da ventilação, considerando o V_z favorável à direção. Nos locais abertos (esteira de tubagens) deve-se considerar a possibilidade de mudança das direções do vento, assim as dimensões de uma área classificada, de uma determinada fonte de risco, é geralmente superior ao V_z .

Vz - Volume hipotético de ATEX potencialmente explosiva			
Espaços Fechados	$Vz = \frac{f \cdot Qmin}{C_0}$	Espaços Abertos	$Vz = \frac{f \cdot Qmin}{0,003}$
<p>Qmin - Quantidade de ar fresco mínimo para diluir a fuga (m³/s).</p> <p>C₀- Renovações de ar no local, por hora (s⁻¹).</p> <p>C=0,003 assumido que a velocidade do ar > 0,5 m/s</p> <p>f – Fator de eficácia de ventilação (s⁻¹), podem ser de 1 a 5:</p> <p>f1- circulação livre de ar: exterior, aberturas entradas-saídas bem distribuídas</p> <p>f2- algum impedimento- algumas aberturas fechadas</p> <p>f3- nº medio de impedimentos- bastantes aberturas fechadas</p> <p>f4- grande nºs de impedimentos- muitas aberturas fechadas</p> <p>f5- muitos impedimentos- como no 4 mas com sérias restrições a circulação de ar</p>			
$Qmin = \frac{Qmax \cdot T}{k \cdot LIE \cdot 293}$		<p>Qmin= (dV/dt) min- Taxa mínima de fluxo volumétrico de ar</p> <p>Qmax= (dG/dt) Max -Taxa máxima da fuga da fonte</p> <p>LIE= Limite Inferior de Explosividade</p> <p>k= Fator de segurança aplicado ao LIE [m3/s]</p> <p>k= 0,25 (grau de escape contínuo e primário)</p> <p>k= 0,50 (grau de escape secundário)</p> <p>T= Temperatura ambiente</p>	
$Qmax = \psi.c.A.[Y.(2/(Y+1))^B]^{0,5}[P/(R.T/M)]^{0,5}$			
<p>Qmax= Taxa de emissão de gás (kg/s)</p> <p>ψ=fuga sónica ψ=1</p>			

c = coeficiente de segurança do gás indicado pelo construtor. Caso não haja indicação $c=0,97$ para válvulas de segurança e de esferas e $c=0,8$ para os outros casos.
 A = secção do orifício de emissão ou superfície de um charco ou área de evaporação da superfície livre de um líquido num reservatório (mm^2)
 Y = Índice de expansão de calor específico (C_p/C_v)
 β = Expoente para $(y+1)/(y-1)$;
 R = Constante universal dos gases = $8314 \text{ J/Kmol } k$.
 T = Temperatura absoluta de fuga em $^{\circ}k$;
 M = Massa molar em Kg/Kmol
 P = Pressão absoluta no interior do sistema equipamento no ponto de emissão (Pa)

Equação para o cálculo da estimativa do tempo de persistência (t)

$$t = \frac{-f^* \ln \frac{LIE \cdot k}{C X_0}}{C}$$

t = Eficiência da ventilação
 C = Número de trocas de ar por unidade de tempo s^{-1}
 \ln = Logaritmo neperiano ($2,303 \log 10$)
 k = Fator de segurança aplicado ao LIE [m^3/s]
 X_0 = Concentração inicial de uma substância inflamável %vol.

V_{ex} Volume de mistura explosiva

$$V_{ex} = V_z \cdot k$$

V_z desprezível o valor de $V_{ex} < k \cdot 100$

	V_{ex}
Zona 0	$< 10 \text{ dm}^3$
Zona 1	$10 \leq V_z < 100 \text{ dm}^3$
Zona 2	$\geq 100 \text{ dm}^3$

Emissões de um charco de líquido inflamável

$$Q_g = A \cdot 2 \times 10^{-3} \cdot \frac{w}{f} \cdot req^{-0.011} \cdot \frac{M \cdot P_a}{R \cdot T} \cdot \ln \left(1 + \frac{P_v}{P_a - P_v} \right) \left(\text{kg/s} \right)$$

Q_g =Taxa de emissão de líquidos inflamáveis
 A = Superfície de um charco mm^2 ;
 w = Velocidade do ar m/s
 f = Fator de eficácia de ventilação (s^{-1}), podem ser de 1 a 5
 req = Raio ou equivalente da superfície do líquido de forma circular ou quadrangular
 $req=(2 \cdot \text{área})/(\text{perímetro ou circunferência})$;
 M = Massa molar em Kg/Kmol
 P_a = Pressão atmosférica (101300 Pa ; $2,513 \text{ bar}$);
 R = Constante universal dos gases = $8314 \text{ J/Kmol } k$;
 T = Temperatura absoluta de fuga em $^{\circ}k$
 P_v = Pressão de vapor da substância inflamável em Pa

Tabela 4 Adaptação do Guia ATEX de Carlos Ferreira
Fórmulas de cálculo de atmosfera explosiva.

2.7 APARELHOS E SISTEMAS DE PROTEÇÃO PARA ZONAS ATEX

Diretiva 94/9/CE é aplicável aos aparelhos e sistemas de proteção destinados a serem utilizados em atmosferas potencialmente explosivas; aos dispositivos de segurança, de controlo e de regulação destinados a serem utilizados fora de atmosferas potencialmente explosivas, mas que sejam necessários ou que contribuam para o funcionamento seguro dos aparelhos e sistemas de proteção no que se refere aos riscos de explosão. A diretiva divide os equipamentos em grupos, afim de determinar a conformidade adequada, no processo de avaliação, o fabricante define com base a utilização pretendida a que grupo e categoria esse produto pertence, de acordo com os requisitos estipulados.

Grupo de aparelhos I - Aparelhos destinados a trabalhos subterrâneos em minas e às respetivas instalações de superfície suscetíveis de serem postas em perigo pelo grisú e ou por poeiras combustíveis. Categoria **M1** compreende os aparelhos que asseguram um **nível de proteção muito alto**, com dois meios independentes de proteção. Categoria **M2** compreende os aparelhos que asseguram um **nível elevado de proteção**, adequados para o funcionamento em condições normais e em condições de ambiente severas.

Categoria 1: Nível de proteção muito elevado Zona 0

Categoria 2: Nível elevado de proteção Zona 1

Categoria 3: Nível de proteção normal Zona 2

Grupo de aparelhos II - inclui os equipamentos destinados às indústrias de superfície.

Grupo de aparelhos III - Material destinado a uma utilização em locais onde existe uma atmosfera de poeiras explosivas, que não minas com grisú. **IIIA** Poeiras combustíveis e partículas sólidas muito finas $\leq 500 \mu\text{m}$; **IIIB** Poeiras não condutoras Resistividade elétrica $> 103 \Omega\cdot\text{m}$; **IIIC** Poeiras condutoras Resistividade elétrica $\leq 103 \Omega\cdot\text{m}$



Figura 14 Adaptação do catálogo ATEX da INDUSMELEC - Marcação dos equipamentos elétricos

Existem duas normas aplicáveis as marcações dos equipamentos elétricos presentes em zonas com atmosferas potencialmente explosivas, Diretiva 94/9/CE e a norma IEC 60079-0.

GRUPOS GÁS				GRUPOS POEIRAS			
Grupo I	Grupo II			Grupo III			
(MINAS)	ZONA	Categoria (ATEX 94/9/CE)		ZONA	Categoria (ATEX 94/9/CE)		
M1 Presença (metano, poeiras) M2 Risco de presença (metano, poeiras)	Zona 0	1 G	Permanente, frequente ou durante longos períodos	Zona 20	1 D	Permanente, frequente ou durante longos períodos (misturas ar/poeiras)	
	Zona 1	2 G	Intermitente em serviço normal (provável)	Zona 21	2 D	Intermitente em serviço normal	
	Zona 2	3 G	Ocasional ou durante curtos períodos (nunca em serviço normal)	Zona 22	3 D	Ocasional ou durante curtos períodos	
Classe I - a substância combustível apresenta-se na forma de gás, vapor ou névoa - Classe G. Classe II - a substância combustível apresenta-se na forma pó (poeira) combustível - Classe D.							

Tabela 5 Grupos de equipamento.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

O Decreto-Lei n.º 236/2003 expressa as “Exigências adicionais para os equipamentos”, a utilizar em zonas classificadas, onde existe a possibilidade da presença ou da formação de atmosferas explosivas, devem estar munidos de sistemas de proteção contra explosões. Os sistemas são conjuntos de medidas de proteção a ser aplicadas ao material elétrico de modo a evitar a inflamação do ambiente envolvente. O símbolo “Ex” indica proteção contra explosões. A conformidade com um ou mais tipos de proteção padrão da CENELEC (Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica) é assinalada pelo símbolo “EEx”. O símbolo é seguido por uma letra minúscula que indica o tipo de proteção tal como referido na tabela seguinte, que também indica de forma genérica a adequabilidade da proteção para cada zona:

TIPOS DE PROTECÇÃO		Zona 0	Zona 1	Zona 2
Antideflagrante	“d”		Sim	Sim
Segurança intrínseca (ZONA 0)	“ia”	Sim	Sim	Sim
Segurança intrínseca (ZONA 1)	“ib”		Sim	Sim
Sobrepresão interna	“p”			Sim
Segurança aumentada	“e”		(*)	Sim
Imersão em óleo	“o”			Sim
Imersão em pó	“q”			Sim
Encapsulagem	“m”			Sim
Respiração restringida	“n”			Sim
Protecção especial	“s”	(**)	(**)	Sim

(*) Pode ser utilizado desde que os barramentos não isolados e componentes isolados sejam encapsulados de acordo com os graus de protecção IP54 como requisito mínimo.

(**) Consoante o Certificado.

Tabela 6 Adaptação do catálogo ATEX da INDUSMELEC - Tipos de protecção reconhecidos pela CEI.

2.8 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E PROTECÇÃO



Figura 15 Medidas de prevenção e protecção previstas no DL nº. 236/2003

Medidas	Caracter	Objetivo
Técnicas	Preventivas	Impedir a formação de ATEX
		Impedir a ignição de ATEX
	Protecção	Atenuar as consequências de uma explosão para níveis aceitáveis
Organizativas	Preventivas	Informação e formação aos colaboradores
		Elaboração de procedimentos de trabalho seguros

Tabela 7 Medidas, carácter e objetivo final. (Fonte: responsabilidade do Autor.)

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGIAS

3.1 METODO

A presente dissertação tem por objetivo analisar a aplicação da Diretiva ATEX numa esteira de tubagens de movimentação de produtos inflamáveis e explosivos, onde o risco de explosão está presente, a fim de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos é legalmente imposta a entidade patronal a adoção de medidas de prevenção peculiares.

Método de abordagem neste estudo de caso foi científico, ou seja, numa abordagem geral empírica, determinada por utilizar conceitos com definições claras, instrumentos precisos, medidas fiáveis e credíveis.

3.2 PARTICIPANTES/AMOSTRA

A constituição da amostra, tendo em conta o problema que se pretende investigar foi constituída pelos responsáveis de segurança e higiene no trabalho da APS e colaboradores da CLT- Companhia Logística de Terminais Marítimos, S.A. empresa que detêm atualmente a concessão do TGLS, ou seja, explora desde 2008 aquele que é o maior terminal de graneis líquidos do país, ao abrigo do contrato de concessão celebrado entre a Administração do Porto de Sines e a Galp Energia, por um período de 30 anos. O TGLS possui seis postos de acostagens de navios, tem capacidade para receber navios de porte até 350 mil toneladas *Dwt* (*dead weight tonage*), onde se efetuam trasfegas de produtos petrolíferos (crude, gasolina, gasóleo, fuel, gases, metanol e nafta) entre o TGLS e as fabricas do polo industrial de Sines, o caso da Petrogal, da Repsol, da Artlant, da Euroresinas, da Ecoslop e da Sigás ou tanques de armazenagem. Estas cargas e descargas de energias fundamentais para o desenvolvimento do país são transportadas por uma esteira de tubagens com cerca de 62.628m.

A refinaria de Sines é o principal cliente do TGLS, as restantes movimentações de produtos, são maioritariamente descargas de navios, sendo a nafta química e butano trasfegados para a Repsol, propano e butano para a Sigás, metanol para a Euroresinas e paraxileno e ácido acético para a Artlant.



Figura 16 Postos 6/7 de Acostagem no Terminal Graneis Líquidos de Sines.



Figura 17 Postos de Acostagem no Terminal Graneis Líquidos de Sines.

3.3 INSTRUMENTOS/MATERIAL

Foram mobilizadas várias técnicas e instrumentos de recolha e tratamento de informação, as estratégias de investigação são as mais pertinentes para alcançar os objetivos propostos.

As técnicas e instrumentos de recolha de dados utilizados na dissertação serão interativos:

- Técnicas centradas na observação participante com visitas planeadas a esteira de tubagens tendo como propósito a compreensão da atex em profundidade, estas observações serão registadas em notas de campo, flexíveis e abertas ao imprevisto.
- Técnicas baseadas na conversação, centrada na perspetiva dos colaboradores da aps, através de entrevistas como complemento da observação, permitindo assim interpretar significados com a recolha de dados sobre acontecimentos e aspetos subjetivos das pessoas como opiniões, valores e crenças. neste ambiente de diálogo e interação, pretende-se que a comunicação seja objetiva e tenha uma atitude crítica, permitindo captar o ponto de vista dos colaboradores do tgls (responsáveis sht, chefia intermedia, gestores de topo).
- Análise Documental centrada na pesquisa a leitura de documentos oficiais (Legislação, Manuais, Fichas de Trabalho, Registos de Avaliação, Procedimentos). O meio audiovisual utilizado é a fotografia visto ser uma técnica de excelência na investigação muito fiável do ponto de vista da credibilidade.
- Pesquisa de programas informáticos de simulação das consequências dos acidentes com substâncias perigosas (objetivo mostrar os passos da modelagem através da utilização do Software PHAST).



Figura 18 Esteira de tubagens junto ao Farol de Sines

3.4 PROCEDIMENTOS

Podemos definir a investigação como o melhor processo de chegar a soluções credíveis para o objeto de estudo, proporcionando também o enriquecimento do conhecimento já existentes.

Revisão da Literatura

(Visitas técnicas APS, Reuniões APS, Consulta Documentação APS).

Tratamento da informação

Maturação Teórica

Caracterização TGLS

Consulta e Perspetiva

Revisão Final

Tabela 8 Etapas da Dissertação de Mestrado em SHT. (Fonte: responsabilidade do Autor.)

CAPÍTULO 4

4. ESTUDO DE CASO “ ESTEIRA DE TUBAGENS TGLS ”

4.1 CONTROLO DAS ATMOSFERAS

O controlo das atmosferas tem como objetivo verificar a sua segurança no que respeita aos seguintes fatores de risco:

**EXPLOSIVIDADE OU INFLAMABILIDADE;
TOXICIDADE
CARÊNCIA DE OXIGÉNIO**

4.1.1 Explosividade ou Inflamabilidade

As misturas de gases ou vapores combustíveis com o ar só entram em combustão quando a relação entre si encontra-se dentro de um determinado intervalo delimitado pelo limite superior de explosividade LSE (Upper Explosive Limit – UEL), e pelo limite inferior de explosividade LIE

(Lower Explosive Limit – LEL), ou seja, dentro de determinados limites de concentração de gás no ar designados por "campo de inflamação" ou "zona de inflamabilidade".

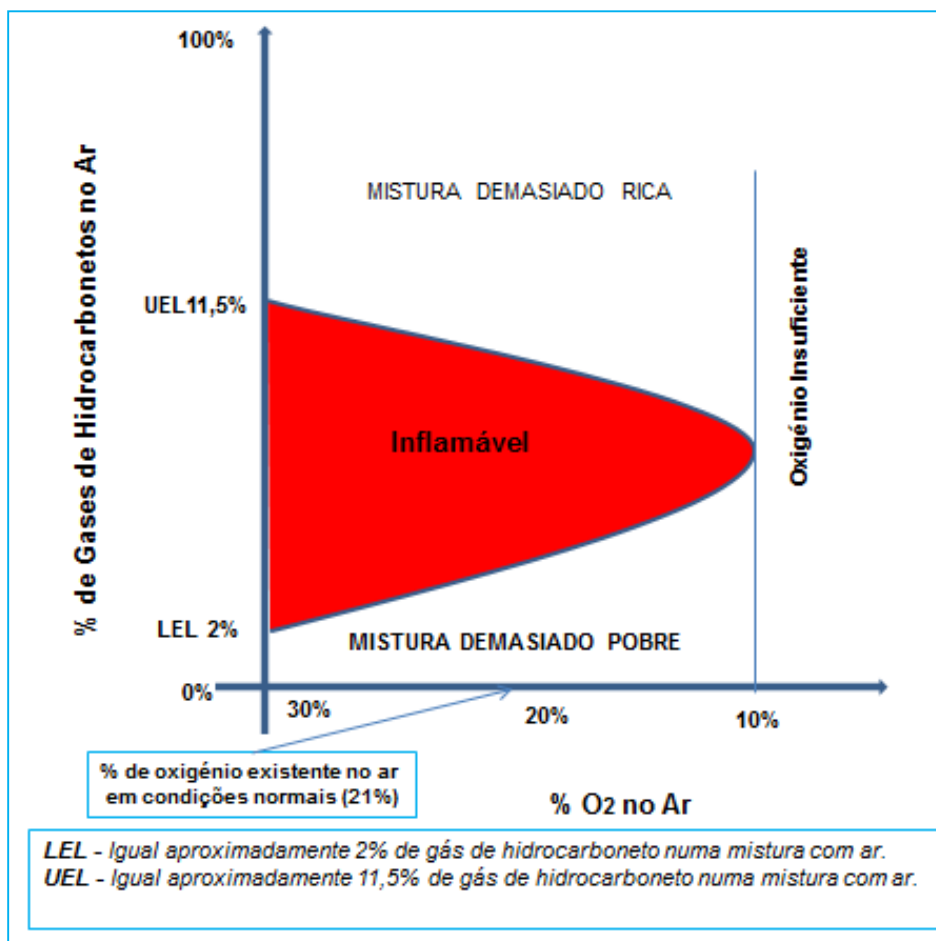


Figura 19 Zona de explosividade dos gases de hidrocarboneto, limitada pelo LSE e LIE.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

Alguns riscos a que os trabalhadores ficam expostos no caso de explosão:

- ✓ Radiação térmica
- ✓ Chamas
- ✓ Ondas de pressão
- ✓ Projeção de destroços (efeito projecteis)
- ✓ Falta de oxigénio inalação de fumo
- ✓ Produtos de reação nocivos

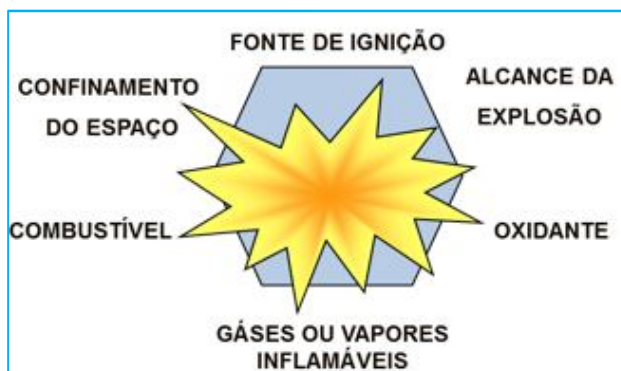


Figura 20 Hexágono de explosão.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

Causas do incêndio em Tubagens	Frequência %
Derrames e fugas de líquido ou gás inflamável	17.5
Sobreaquecimento	15.6
Falha da tubagem ou acessórios	11.1
Avárias elétricas	11.1
Cortes e soldaduras	11.1
Provocados	4.9
Outras	28.7

Tabela 9 Causas de incendio adaptado de La prevención de incendios y explosiones en las instalaciones industriales. Ingeniería Química (1989). Planas, G.

4.3.2 Toxicidade

É uma capacidade inerente das substâncias químicas, é a dimensão do seu potencial tóxico. Não existem substâncias químicas seguras, que não tenham efeitos nocivos ao ser humano, mas também é verdade que não existe substância química que não possa ser utilizada com segurança, pela limitação da dose e da exposição ao organismo humano.

Os maiores fatores que influenciam na intoxicação de um trabalhador são:

- ✓ Frequência da exposição;
- ✓ Duração da exposição;
- ✓ Via de administração.

O risco de intoxicação ocorre porque podem existir concentrações de substâncias tóxicas acima dos limites de exposição permitidos, coexistindo em muitos casos com atmosferas corrosivas e irritantes.

4.3.3 Carência de oxigénio

Qualquer gás pode matar ao substituir o ar e assim reduzir o nível de oxigénio a uma percentagem de concentração abaixo do nível normal vital para a vida humana. O ar contém 21% de oxigénio, se este se reduz, produzem-se sintomas de asfixia que se vão agravando conforme diminua essa percentagem.

4.4 DILATAÇÃO LINEAR NA ESTEIRA DE TUBAGEM DO TGLS

A dilatação linear é caracterizada pelo aumento do comprimento da tubagem ao ser submetido a um aumento de temperatura.

$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$ Onde:

ΔL : variação do comprimento do corpo que sofreu a dilatação linear.

L_0 : comprimento inicial da superfície do corpo.

α : coeficiente de dilatação linear do material que constitui o corpo.

ΔT : variação de temperatura sofrida pelo corpo.

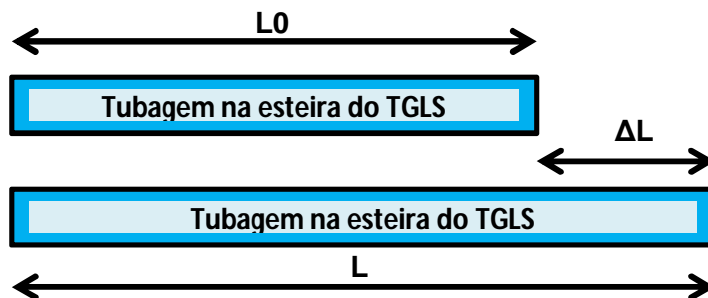


Figura 21 Dilatação linear, por intermédio da fórmula $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

A variação da temperatura é calculada pela diferença entre a temperatura final e a inicial:

$$\Delta T = T_f - T_i$$

Da mesma forma, podemos calcular a variação de comprimento causada por essa variação da temperatura: $\Delta L = L - L_0$

Observando essas relações, obtemos uma relação matemática para calcular a dilatação, que é chamada de Lei da dilatação linear:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

A letra grega α representa o coeficiente de dilatação linear do material e assume um valor específico para cada tipo de material. A sua unidade de medida é o grau Celsius recíproco $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Material	$\alpha (10^{-6}) ^{\circ}\text{C}^{-1}$
Aço	11
Alumínio	24
Ferro	12
Prata	19
Zinco	64

Tabela 10 Valor do coeficiente de dilatação linear de algumas substâncias.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

A dilatação linear pode ser representada por um gráfico do comprimento em função da temperatura da tubagem.

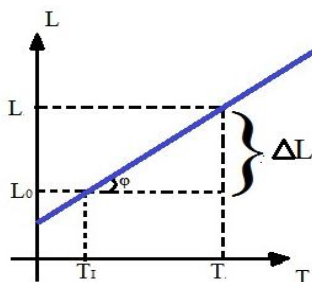


Figura 22 Relação linear entre as variáveis comprimento linear L e temperatura T .

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

As liras são o método mais utilizado para aumentar a flexibilidade na tubagem do TGLS, quando não é possível a instalação de liras devido a constrangimentos espaciais, recorre-se à utilização de juntas de expansão.



Figura 23 Lira vertical no TGLS.

Proteção de Tubagens

Sliper	Permitem a deslocação horizontal da tubagem
Drenos	Purgadores de condensados
Ventos	Encontram-se no topo das tubagens e são necessários para se efetuar operações de vazamento de tubagens.
Válvula de segurança e Alívio Relief - Pressure Safety and Relief Valve (PSV).	Válvulas de fecho rápido e válvulas de segurança automática de alívio de pressão do sistema antes de seu rompimento usada para proteger as pessoas e os equipamentos, impedindo o acúmulo excessivo (PSV).
Transmissores	Instrumentação para nível, da pressão (temperatura)
Aquecimento da Tubagem	Vapor, Elétrico, permite fluir produtos viscosos (crude)
Liras	Verticais e Horizontais aumenta a flexibilidade da tubagem
Ligação a terra	Equipotencialidade evita a eletricidade estática
Juntas cegas	Peça em 8 que permite seccionar a tubagem

Tabela 11 Equipamentos existentes na esteira de tubagens do TGLS.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

4.5 SEIS ETAPAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS ATEX

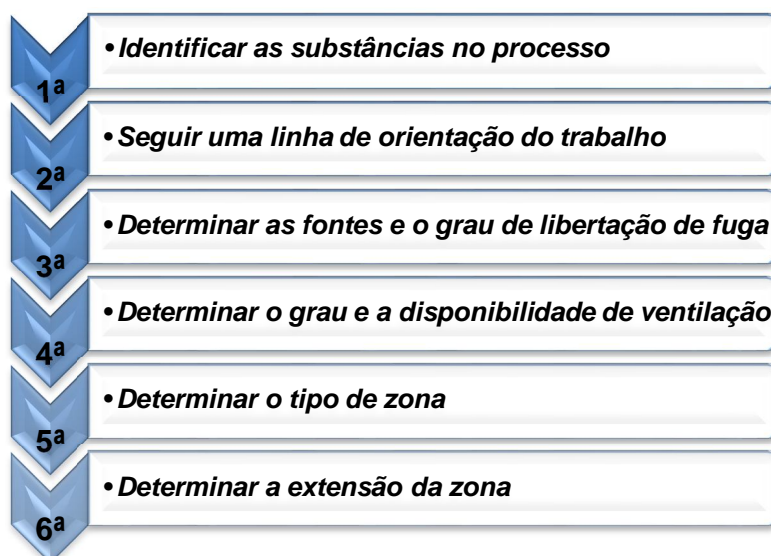


Figura 24 Adaptação do Guia para classificação de zonas ATEX de Carlos Ferreira.

4.5.1 - 1ª ETAPA - Identificar as substâncias no processo

Efetua-se a identificação do espaço da esteira de tubagem e analisa-se as substâncias que circulam na mesma que podem contribuir para a formação de uma atmosfera explosiva, registam-se as características das várias substâncias inflamáveis tanto no estado líquido ou gasoso, o preenchimento dos campos do registo são obtidos através da ficha de dados de segurança.

Registo das substâncias inflamáveis e suas características

Material Inflamável		Ponto de inflamação	LIE		Volatilidade				Classe de temperatura	Outras informações	
Nome	Estado Físico		Kg/m ³	%vol.	Pressão a vapor a 20°C (kPa)	Ponto de ebulição (°C)	Densidade relativa (g/cm ³)	Temperatura de auto inflamação (°C)		Peso molecular (g)	Nº CAS

Tabela 12 Adaptação do registo substâncias inflamáveis e suas características apresentadas da norma IEC 60079.

Os Gases de Petróleo Liquefeitos (GPL), existentes na esteira de tubagens são o **Butano** e o **Propano**, “são hidrocarbonetos (compostos de hidrogénio e de carbono) que se obtêm durante as operações de refinação do Petróleo Bruto (crude oil) ou por separação de alguns gases naturais. A sua denominação (GPL) resulta de nas condições normais de pressão e de temperatura se apresentarem sob o estado físico de gás (fase gasosa), mas à temperatura ambiente e quando submetidos a pressões relativamente baixas (aproximadamente 7 bar para o Propano e 2 bar para o Butano), poderem passar ao estado líquido (fase líquida), o que

facilita a sua armazenagem quer em recipientes fixos (reservatórios), quer em recipientes amovíveis (garrafas), caso a que se junta a facilidade do transporte e do seu manuseamento.”

Manual de instruções e normas de segurança BP- Instalações de Granel Serviços Técnicos de Gás (Fevereiro 2013) – pág. 3

Características do GPL	Butano (C ₄ H ₁₀)	Propano (C ₃ H ₈)
Ponto de ebulição (temperatura a que o líquido se vaporiza, à pressão atmosférica normal) (<i>P_{atm}</i>)	- 2 °C	- 45 °C
Limites de inflamabilidade no ar Inferior Superior	1,8 %vol. 9,5 %vol.	2 %vol. 10 %vol.
Temperatura de Auto inflamação	450 °C	510 °C

Tabela 13 Adaptação do Manual de Instruções e Normas Segurança da BP - Características do GPL, Butano e Propano.

Produtos e produto de referência movimentados nos vários postos.

PRODUTOS INFLAMÁVEIS	POSTOS					
	2	3	4 / 5	6 / 7	9	10
GASES LIQUEFEITOS						
Butadieno					•	
Butano			•	•		
Etileno						★
Propano			•	•		
Propileno			★	★	★	
COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS						
Crude	★	•	•			
Fuel de bancas	•	•	•	•	•	•
Gasóleo	•	•	•	•	•	•
Gasolina		•	•	•		
Marine Diesel	•	•	•	•	•	•
OUTROS PRODUTOS						
Metanol						•
MTBE						•
Nafta química		★	•	•		
Refinado 1					•	

• Produto movimentado

★ Produto de referência

Tabela 14 Produto movimentados nos postos do TGLS.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

ESTEIRA DE TUBAGENS NO TERMINAL DE GRANEIS LÍQUIDOS EM SINES

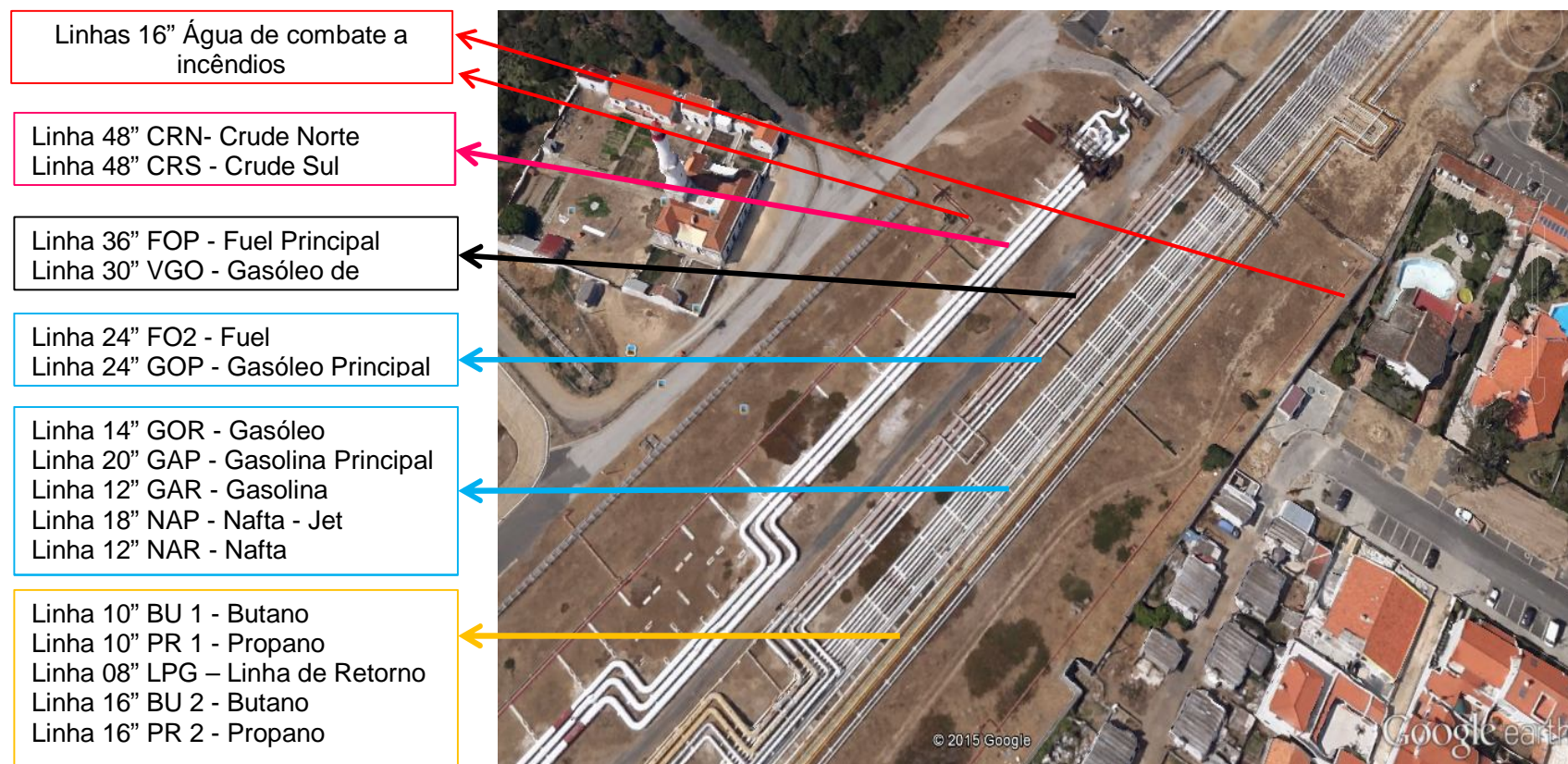


Figura 25 Esteira de tubagens do TGLS vista aérea Google Earth 2015.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

4.5.2 - 2ª ETAPA - Seguir uma linha de orientação do trabalho

Identificou-se na esteira de tubagens onde existe a possibilidade de fugas com potencial para formação de atmosferas explosivas.

O processo desenvolvido na esteira de tubagens é a trasfega dos produtos inflamáveis ou explosivos do TGLS (navios petroleiros) para as fabricas ou para zonas de armazenagem, parques de tancagem.

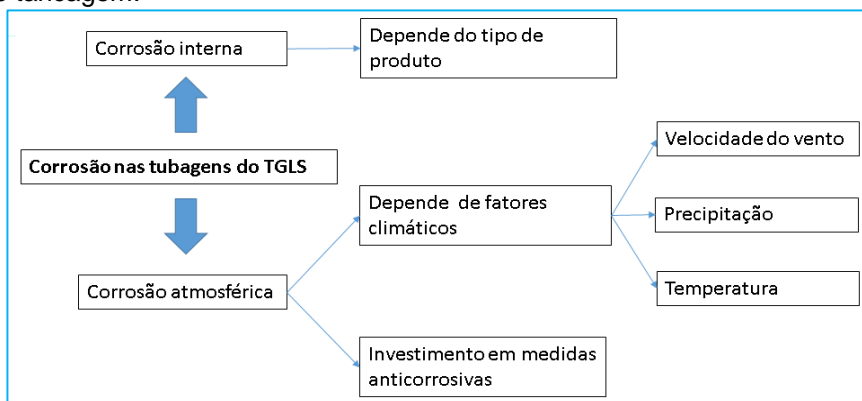


Figura 26 Fatores que influenciam a corrosão nas tubagens do TGLS.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

Fugas na esteira de tubagens

As tubagens do TGLS têm uma grande frequência de roturas devido a estarem expostas a uma atmosfera marítima.

Para fugas na esteira de tubagens considerou-se:

- Corrosão.
 - ✓ Tipo de produto transportado (em que a gasolina representa 40% do total de roturas, estas são produzidas por corrosão interna nas tubagens)
 - ✓ Da temperatura, da precipitação, do vento.
 - ✓ Medidas anti corrosão (proteção catódica ineficaz).
- Falha de Material (Soldadura, Juntas de dilatação, e válvulas de segurança).
- Força externa.
- Mau funcionamento/defeituoso (falha do alarme deteção de sobrepressão).



Figura 27 Corrosão generalizada no TGLS.

Identificação de pontos de fuga, ou seja, locais a partir do qual um gás, vapor ou líquido inflamável pode escapar do interior da esteira de tubagens para a atmosfera de modo a formar uma atmosfera explosiva.

<i>Elemento de fuga na esteira de tubagens</i>
<i>Flanges</i>
<i>Válvulas Manuais e Válvulas automáticas</i>
<i>Respiros de drenagens</i>
<i>Toma de amostras</i>
<i>Ponto de purga de linhas e equipamento</i>
<i>Unões e Junções roscadas</i>
<i>Instrumentação e outros acessórios das tubagens</i>

Tabela 15 Elemento de fuga na esteira de tubagens. (Fonte: responsabilidade do Autor.)

4.5.3 - 3ª ETAPA - As fontes e o grau de libertação de fuga

A fonte de libertação é um determinado ponto onde podemos ter uma fuga de gás, vapor ou líquido inflamável de tal forma que pode originar uma ATEX, norma EN 60079-10.

Para determinar se o grau de fuga de uma fonte é contínuo, primário ou secundário pode-se utilizar o critério técnico preventivo baseado em diversas normas:

Fonte de **grau contínuo** é aquele em que a fuga ocorre durante mais de 10% do tempo de processo, ou durante mais de 1000 horas por ano.

- ✓ Respiradouros de tanques de líquidos inflamáveis.
- ✓ Superfície de líquido inflamável aberto à atmosfera.

Fonte de **grau primário** entre 0,1 e 10% do tempo de processo, ou entre 10 e 1000 horas/ano.

- ✓ Equipamentos onde são previsíveis fugas no seu funcionamento normal
- ✓ Recolha de amostras que podem libertar substâncias inflamáveis.

Fonte de **grau secundário** menos do 0,1 % do tempo de processo, ou entre 0,1 h e 10 h.

Não se classifica como fonte de fuga quando a fuga é menor que 0,1 horas num ano.

- ✓ Selos de bombas, compressores e válvulas, juntas, uniões e acessórios de Tubagens.

Grau de fuga	Duração da Fuga	Zona ATEX Gás
Contínuo Existe uma libertação continuada ou que ocorra frequentemente por longos períodos	Mais de 1000h/ano $P > 10^{-1}$	Zona 0
Primário Existe uma libertação que é esperada ocorrer periodicamente ou ocasionalmente durante a operação normal	De 10 a 1000h/ano $10^{-1} P > 10^{-3}$	Zona 1
Secundário Existe uma libertação que não é esperada ocorrer em operação normal e, caso ocorra, é pouco frequente e por curtos períodos	Menos de 10h/ano $10^{-5} P > 10^{-3}$	Zona 2
Ausência de fuga	Menos de 0,1h/ano $P > 10^{-5}$	Zona segura
Numa área haja várias fontes de fuga adotar-se-á a classificação mais restritiva.		

Tabela 16 Tipo de grau de libertação. (Fonte: PHAST™ versão 7.11.)

4.5.4 - 4ª ETAPA - O grau e a disponibilidade de ventilação

O grau de fuga da fonte não é o único fator a ter em conta na classificação da área perigosa, torna-se necessário considerar a influência da ventilação na envolvente da fonte de fuga. Uma vez que o tamanho da fuga e o tempo de constância após a paragem da libertação, pode ser controlado pela ventilação.

A ventilação classifica-se em função do seu tipo, disponibilidade e grau segundo os critérios:

Tipo de ventilação

Ventilação natural, devida ao movimento do ar (vento) e/ou a *Gradientes de temperatura*.

Ventilação artificial, devida a meios mecânicos como por exemplo ventiladores e exaustores.

Esta ventilação por sua vez pode ser geral ou localizada.

Disponibilidade de ventilação este parâmetro indica a relação entre o tempo que atua a ventilação e o tempo de operação do processo.

D (+) muito boa	Ventilação existe de forma praticamente permanente e é independente de falhas de energia.
D Boa	Espera-se que exista durante o funcionamento normal. As interrupções são permitidas sempre que se produzam de forma pouco frequente e por curtos períodos.
D (-) Medíocre	A ventilação não cumpre os requisitos da ventilação boa ou muito boa, mas não se espera que haja interrupções prolongadas. A ventilação que nem sequer satisfaça os requisitos de uma disponibilidade medíocre não contribui para a renovação do ar.

Tabela 17 Disponibilidade de ventilação.

(Fonte: PHAST™ versão 7.11.)

Tendo em conta que as áreas a classificar da esteira de tubagens são todas exteriores, sujeitas a ventilação natural, facilitando a dispersão de eventuais gases e vapores provenientes das fontes de libertação, a ventilação foi considerada como “boa”, com as exceções indicadas na análise particular de cada área.

Grau de ventilação este parâmetro indica se a ventilação existente é suficiente para prevenir a formação de ATEX. Reconhecem-se 3 graus de ventilação:

Ventilação alta (forte)	Pode reduzir de forma praticamente instantânea a concentração na fonte de fuga resultando uma concentração inferior ao LIE. Resulta assim, uma zona de extensão desprezável. No entanto, onde a disponibilidade da ventilação não é boa, outro tipo de zona pode rodear a zona de extensão desprezável.
Ventilação média	Pode controlar a dispersão, mantendo uma zona limite estável, embora a fuga esteja a ocorrer e, a atmosfera explosiva não persiste indevidamente depois de

	terminada a fuga.
Ventilação baixa (débil)	Não pode controlar a concentração embora a fuga esteja a ocorrer e/ou não impede a persistência da atmosfera explosiva depois de terminada a fuga.

Tabela 18 Grau de ventilação.
(Fonte: PHAST™ versão 7.11.)

MATRIZ DA VENTILAÇÃO NA DO INFLUÊNCIA NO TIPO DE ZONA

Grau de fuga	Grau de ventilação	Disponibilidade de ventilação	Tipo de zona
Contínuo	Alto	Muito boa	Zona 0 ED, não perigosa (1)
Contínuo	Alto	Boa	Zona 0 ED, ZONA 2 (1)
Contínuo	Alto	Medíocre	Zona 0 ED, ZONA 1 (1)
Primário	Alto	Muito boa	Zona 1 ED, não perigosa (1)
Primário	Alto	Boa	Zona 1 ED, ZONA 2 (1)
Primário	Alto	Medíocre	Zona 1 ED, ZONA 2 (1)
Secundário	Alto	Muito boa	Zona 2 ED, não perigosa (1)
Secundário	Alto	Boa	Zona 2 ED, não perigosa (1)
Secundário	Alto	Medíocre	Zona 2
Contínuo	Médio	Muito boa	Zona 0
Contínuo	Médio	Boa	Zona 0 + Zona 2
Contínuo	Médio	Medíocre	Zona 0 + Zona 1
Primário	Médio	Muito boa	Zona 1
Primário	Médio	Boa	Zona 1 + Zona 2
Primário	Médio	Medíocre	Zona 1 + Zona 2
Secundário	Médio	Muito boa	Zona 2
Secundário	Médio	Boa	Zona 2
Secundário	Médio	Medíocre	Zona 2
Contínuo	Baixo	Muito boa	Zona 0
Contínuo	Baixo	Boa	Zona 0
Contínuo	Baixo	Medíocre	Zona 0
Primário	Baixo	Muito boa	Zona 1 ou Zona 0 (2) (3)
Primário	Baixo	Boa	Zona 1 ou Zona 0 (2) (3)
Primário	Baixo	Medíocre	Zona 1 ou Zona 0 (2) (3)
Secundário	Baixo	Muito boa	Zona 1 e igual Zona 0 (2) (3)
Secundário	Baixo	Boa	Zona 1 e igual Zona 0 (2) (3)
Secundário	Baixo	Medíocre	Zona 1 e igual Zona 0 (2) (3)

Notas: (1) Zona 0 ED, 1ED, 2ED, indica uma zona teórica desprezável em condições normais. (2) Zona 2 criada por uma fuga de grau secundário pode ser excedida pelas zonas correspondentes às fugas de grau contínuo ou primário, neste caso toma-se a de maior extensão. (3) Será Zona 0 se a ventilação é tão débil e é a fuga é tal que praticamente a atmosfera explosiva está presente de forma permanente, ou seja, é uma situação próxima à ausência de ventilação. + Significa “rodeada por”.

Tabela 19 Influência da ventilação no tipo de zona.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

Exemplo de classificação zonas

Elemento de fuga	Tipo de ventilação	Grau de fuga	Grau de ventilação	Disponibilidade de ventilação	Zona
Válvulas, flanges, instrumentação e outros elementos das linhas e equipamentos de Butano, Propano, Gasolina.	Natural	Secundário	Médio	Muito boa	Zona 2
Respiros de drenagens	Natural	Primário	Médio	Muito boa	Zona 1
Toma de amostras	Natural	Primário	Médio	Muito boa	Zona 1
Ponto de purga de linhas e equipamento.	Natural	Primário	Médio	Muito boa	Zona 1

Tabela 20 Exemplo Classificação das zonas de atmosfera explosiva no TGLS.

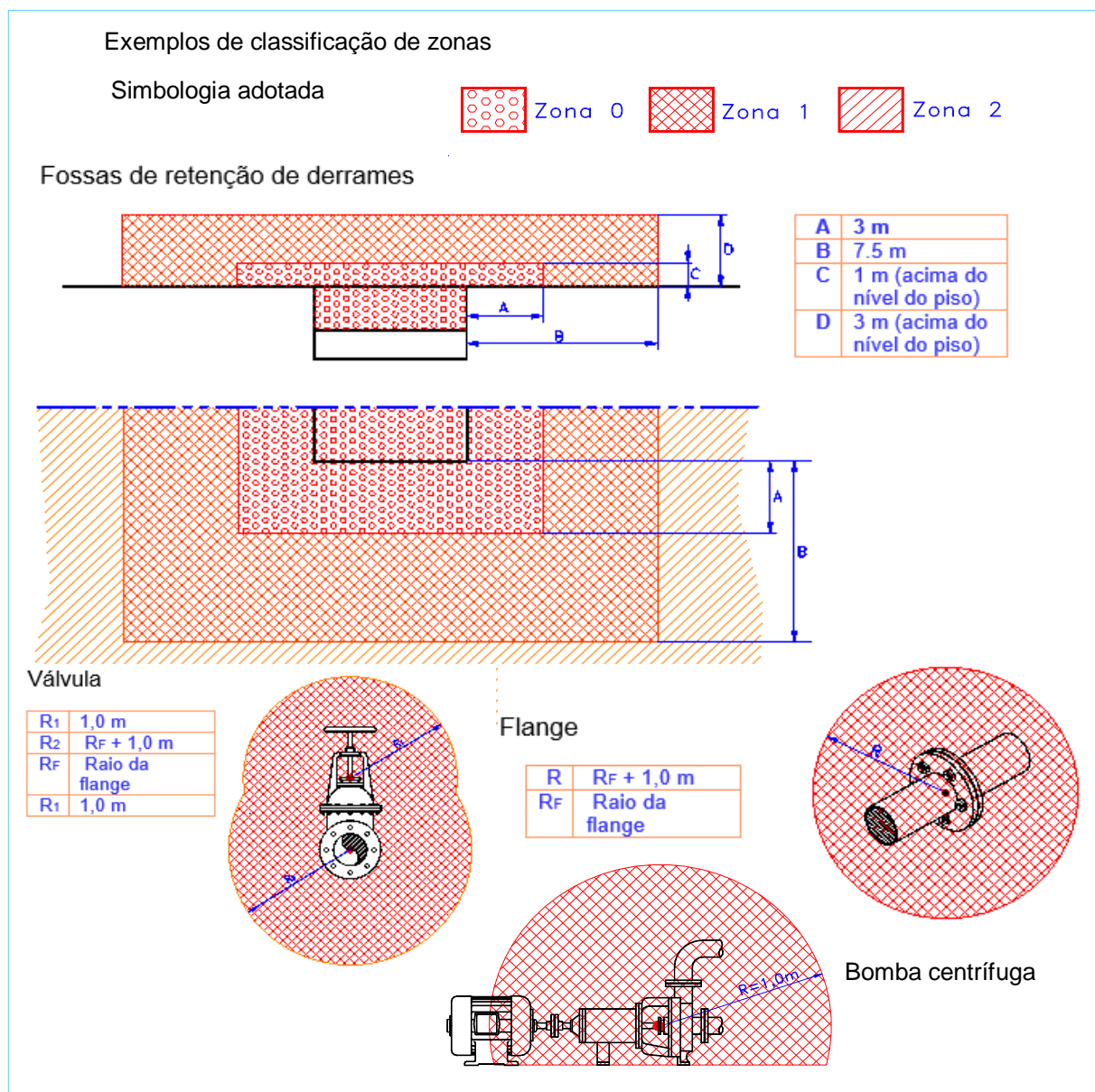


Figura 28 Exemplos de classificação de zonas ATEX no TGLS.

4.5.5 - 5ª ETAPA - Determinar o tipo de zona ATEX

Tendo em conta que as áreas a classificar na esteira de tubagens são todas exteriores, sujeitas a ventilação natural, facilitando a dispersão de eventuais gases e vapores provenientes das fontes de libertação, e não existindo constrangimentos particulares quanto à circulação de ar, a ventilação foi considerada como “boa”. A esteira de tubagens de ligação a diversos postos de amarração e constituídas, no essencial, por tubagens e respetivas ligações, onde as potenciais fontes de libertação foram consideradas de grau secundário, por não serem suscetíveis de dar origem a fugas de carácter frequente ou como resultado de operações normais. Pelos motivos expostos foi definida como Zona 2 toda a área onde se encontram confinadas a esteira.

QUADRO SÍNTESE DO TERMINAL DE GRANEIS LÍQUIDOS E TERMINAL PETROQUÍMICO

	Zona 0	Zona 1	Zona 2
Posto 2 Posto 3 Posto 4/5 Posto 6/7	Tanque de drenos e área com 1,5 metros de raio, com centro nos respiradouros. Fossa.	Área retangular com os lados a 3 metros das aberturas das fossas. Área envolvente da instalação de movimentação de produtos, com limites não inferiores a 3 metros dos limites da Zona 0.	Esteiras de tubagem
Posto 9 Posto 10	Fossa de retenção de derrames. Tanques de drenos.	Toda a área do posto com equipamentos de movimentação de produto.	
Central Incêndios		Tanques de abastecimento de gasolina	
Enraizamento e Slops	Sumidouro da bacia de retenção. Tanques de “slops” e área com 1,5 metros de raio, com centro nos respiradouros e drenos.	Bacias de retenção. Reservatório de “LPG”.	
Corredor de serviço	Sumidouro da bacia de retenção da bateria limite.	Bacia de retenção da bateria limite.	
Estação de tratamento de águas de lastro	Tanques e área com 1,5 metros de raio, com centro nos respiradouros e drenos. Piscina de águas contaminadas (Ferradura)	Área contígua à Zona 0 Zona de tratamento. Bacias de retenção. Ilha de enchimento Ilhas de bombagem de metanol	
Centrais de emergência	Reservatórios de gasóleo dos geradores de emergência		

Tabela 21 Classificação das zonas de atmosfera explosiva no TGLS

4.5.6 - 6ª ETAPA - Determinar a extensão da zona ATEX

A extensão das zonas ATEX é definida como a distância em todas as direções desde o centro do ponto de fuga até ao ponto da zona onde o risco é considerado inexistente. Existem 3 casos habituais:

- Fonte de emissão em regime subsónico (emissão dos respiradores);
- Fonte de emissão sónica (fuga de gás em pressão por uma falange);
- Fonte de emissão produzida por charco de líquido inflamável (derrame accidental).

Parâmetros fundamentais para determinar a extensão da zona ATEX

Concentração da mistura de gás / vapor inflamável da fuga
Volatilidade (facilidade da substância de passar de líquido a vapor ou gasoso)
Temperatura do líquido.
Limite Inferior Explosivo (LIE).
Ventilação (natural / artificial) (alto / médio / baixo).
Densidade relativa, gás ou vapor escapou
As condições meteorológicas: velocidade do vento
Outros: Miscibilidade sobre água, topografia.

Tabela 22 Parâmetros para determinar a extensão das zonas de atmosfera explosiva no TGLS.

Fonte de emissão	Ambiente Aberto						Ambiente fechado
Componentes com fontes subsónicas	$dz = \left(\frac{42300 * Qg * f}{M * k_{dz} * LIE\%vol * w} \right)^{0,55} * 1,2$						$k_z = 0,9 * e^{\frac{76 * X_m\%}{M * LIE\%vol}}$
Componentes com fontes sónicas	$dz = 16,5(P * 10^{-5})^{0,5} * M^{-0,4} \left(\frac{LIE\%vol}{100} \right) * A^{0,5} * 1,5$						$k_z = 0,9 * e^{\frac{76 * X_m\%}{M * LIE\%vol}}$
Charco de líquido inflamável	$dz = (P_v * 10^{-5})^a * M^b (LIE\%vol)^c * A^d (4 - w)$						$k_z = 0,9 * e^{\frac{76 * X_m\%}{M * LIE\%vol}}$
	Pressão	Vel. ar	a	b	c	d	
	$P_v > 2.10^4 Pa$	$w=0,5$	0,26	-0,20	-0,25	0,67	
	$P_v > 0,2bar$	$w=0,5$	0,10	-0,10	-0,26	0,70	

dz= distancia de zona perigosa
e= base logarítmica
X_m%= é a concentração de gás perigosa num lugar longe da fonte de fuga
LIE%vol= Limite Inferior de Explosividade

K_{dz}= fator de segurança aplicado ao LIE para a definição da distância dz:

Emissão contínua e primária	de 0,25 a 0,5
Emissão secundária	De 0,5 a 0,75

K_z= coeficiente corretivo para aplicar à distância dz, em espaços abertos K_z=1
A= secção do orifício de emissão ou superfície de um charco (mm²)

w = velocidade do ar (m/s)
 f = fator de eficácia da ventilação de 1 a 5
 M = massa molecular (Kg/Kmol)
 P_a = pressão atmosférica=101300Pa; 2,513 bar
 P_v = pressão de vapor de substancia inflamável em Pa

Tabela 23 Determinar a extensão das zonas de atmosfera explosiva no TGLS.

4.6 EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS ATEX

É da responsabilidade da entidade empregadora garantir que na esteira de tubagens, os equipamentos de trabalho e dispositivos de ligação disponíveis aos trabalhadores sejam construídos, instalados, mantidos e utilizados de forma a minimizar ou a controlar os riscos de explosão e a sua propagação.

Quando é inevitável a utilização de equipamentos elétricos nos trabalhos realizados na esteira de tubagens onde possam ocorrer atmosferas inflamáveis, deve-se em primeiro lugar ponderar a possibilidade de: Eliminar a probabilidade de ocorrência da mistura inflamável nas imediações da fonte de libertação; Eliminar as possíveis fontes de ignição.

Quando isso não é possível, devem-se tomar medidas conducentes à redução da probabilidade de ocorrência de um ou de ambos os fatores, para que a probabilidade de ocorrência seja tão baixa quanto o necessário. A instalação de equipamentos elétricos em locais sujeitos à presença de gases ou vapores inflamáveis, obedece às regras e recomendações para as instalações industriais, devendo verificar em simultâneo os seguintes critérios: Classificação das áreas; Classificação da temperatura; Grupo do equipamento; Condições ambientais. A classificação é baseada na temperatura máxima de superfície: é a temperatura mais elevada, do funcionamento normal nas condições mais desfavoráveis, por toda a parte ou toda a superfície dum material elétrico suscetível de provocar uma inflamação numa atmosfera explosiva.

Classes de temperatura	Temperatura máxima de superfície (°C)	Temperatura de inflamação (°C)
T1	450	> 450
T2	300	> 300
T3	200	> 200
T4	135	> 135
T5	100	> 100
T6	85	> 85

Tabela 24 Adaptação ATEX Guidelines (2007) Classes de temperatura.

A classificação das zonas perigosas constitui um instrumento essencial para a definição dos tipos de equipamentos elétricos que podem ser utilizados ou instalados neste tipo de locais.

Temperatura de Auto-inflamação do gás (T^0)	CLASSE DE TEMPERATURA DO MATERIAL					
	T1 (450 °C)	T2 (300 °C)	T3 (200 °C)	T4 (135 °C)	T5 (100 °C)	T6 (85 °C)
$85^{\circ}\text{C} \leq T^0 \leq 100^{\circ}\text{C}$						
$100^{\circ}\text{C} < T^0 \leq 135^{\circ}\text{C}$						
$135^{\circ}\text{C} < T^0 \leq 200^{\circ}\text{C}$						
$200^{\circ}\text{C} < T^0 \leq 300^{\circ}\text{C}$						
$300^{\circ}\text{C} < T^0 \leq 450^{\circ}\text{C}$						
$450^{\circ}\text{C} < T^0$						
	Perigo de explosão			Equipamento utilizável		

Tabela 25 Adaptação ATEX Guidelines (2007) Temperatura de auto-inflamação/material.

4.7 TRABALHOS NAS ESTEIRAS DE TUBAGENS

Atendendo a que a esteira é uma área de recursos partilhados e a sua gestão pertence à APS, as entidades devem enviar planeamento tão cedo quanto possível dos trabalhos a realizar para prevenir a execução numa mesma zona ou zonas contíguas de trabalhos incompatíveis, competindo à APS anular eventuais conflitos entre as entidades. Os trabalhos nos equipamentos existentes na esteira de tubagens são da responsabilidade da entidade proprietária dos mesmos, que será igualmente responsável pela emissão da **Autorização de Trabalho (AT)**, que serão considerados como legais após validação da Segurança da APS.

Instalação	Entidade	Equipamentos	Controlo de Trabalhos
Esteira de Tubagens	APS	CLT; REPSOL; EURORESINAS; ARTLANT.	APS

Tabela 26 Controlo de trabalhos na esteira de tubagens no TGLS

A Autorização de Trabalho (AT) é um documento que serve sobretudo para evitar acidentes, nomeadamente em locais ou equipamentos onde possam existir riscos elevados.

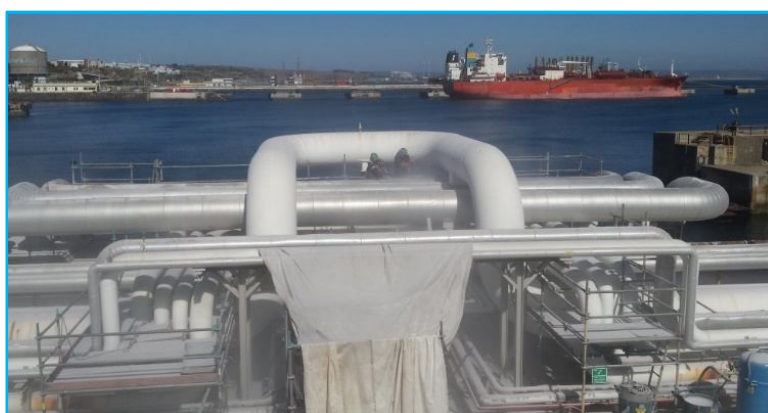


Figura 29 Trabalhos de decapagem na esteira de tubagem no TGLS.

A AT promove a concordância entre todos os intervenientes no trabalho que deverão de assinar este documento. É uma excelente ferramenta de prevenção de acidentes de trabalho, pois confere a autorização de que se pode iniciar um trabalho.

Antes do início dos trabalhos do TGLS todos os intervenientes são informados que os trabalhos devem ser autorizados e realizados por pessoal qualificado com equipamento certificado para utilização em atmosferas explosivas e impreterivelmente têm que cumprir com o prescrito nas **instruções de trabalho**, estas ditam as regras de conduta, relacionadas com cada atividade, descrevem os riscos para as pessoas e para o ambiente e indicam as medidas de proteção tomadas ou a cumprir.

Em muitos trabalhos na esteira de tubagens do TGLS para evitar a formação de atmosferas explosivas utiliza-se o processo de **inertização** das tubagens em que consiste geralmente na diluição da atmosfera interior por um gás inerte (N₂, CO₂, Árgon, Hélio, etc.), portanto a inertização substitui uma atmosfera inflamável/explosiva por uma atmosfera asfíxiante.

Trabalhos a **quente** ou **fogos nus** requerem uma AT especial (*vermelha*) a qual particulariza as medidas mitigação preventivas e/ou de controlo para execução do trabalho descrito, como é o exemplo de trabalhos de soldaduras na esteira de tubagens, estes trabalhos obrigam:

Medição de gases em permanência; Presença de pelo menos um elemento da brigada de primeira intervenção apoiado com uma viatura; Tenda de soldador; Barreiras físicas; Cortinas de água (sapos); Linhas preventivas de água com tanque de espumífero; Inertização da tubagem; Usar os EPI's recomendados na AT; Selagem da tubagem com obturador ou gesso.

As soldaduras as tubagens necessitam ser efetuadas em conformidade com a legislação em vigor assim como os ensaios destrutivos e não destrutivos referentes à qualidade das soldaduras devem satisfazer as exigências das normas técnicas aplicáveis.

Trabalhos na vizinhança da esteira de tubagens não podem ser realizados se forem suscetíveis de as afetar, direta ou indiretamente, sem que sejam tomadas as precauções consideradas suficientes pela APS.

Se a tubagem estiver com produto, este terá forçosamente que estar em circulação e a equipa de soldadura que executa o trabalho fará pausas com regularidade para que o produto não atinja temperaturas de autoignição.

Regras a respeitar na esteira de tubagens aquando da execução de trabalhos se detetar alguma situação de emergência como fugas, derrames ou fogo:

- ✓ Em caso de incendio tentar apaga-lo com um extintor (se possível);
- ✓ Contactar de imediato a central de segurança informando a sua localização;
- ✓ Afastar-se do interior da área vedada da Esteira, pelo portão mais próximo ou mais conveniente.

CAPÍTULO 5

“A ignição accidental de uma atmosfera contendo uma grande quantidade de gás, vapor, névoas e / ou poeira pode causar uma explosão. Foram tomadas medidas a nível internacional, a fim de evitar qualquer dano material ou a perda de vidas humanas. Estas medidas aplicam-se principalmente às indústrias químicas e petroquímicas onde tais atmosferas perigosas podem ser desenvolvidas durante a produção, transformação, transporte e armazenamento de produtos inflamáveis.”

Diretiva ATEX 94/9/EC.

5. MEDIDAS DE PREVENÇÃO

5.1 MEDIDAS DE PREVENÇÃO IMPLEMENTADAS NA ESTEIRA DE TUBAGENS

Na Esteira de tubagens todos os hidrocarbonetos trasfegados são inflamáveis e, dependendo do ponto de inflamação, podem formar atmosferas explosivas mesmo à temperatura ambiente. Como medidas de prevenção implementadas na esteira de tubagens, que tendem a reduzir os riscos existentes, podemos referir entre outras, as seguintes:

- Instalação elétrica tem características anti deflagrantes.
- Ligação à terra de todas as tubagens e equipamentos.
- Regime de manutenção preventiva.
- Plano de Inspeções a tubagens e equipamentos.
- Procedimentos de Atuação
 - ✓ Normas de segurança da APS; Fichas de segurança de produtos químicos; Plano de Emergência; Comunicações internas, externas e meios de contacto por entidades externas.
- Para-raios, em número e localização adequados em toda a esteira de tubagem, o que torna o risco de queda de raio aceitável.
- Redes de Incêndios, a esteira de tubagem esta coberta por uma rede de águas para incêndios, a qual alimenta diversos hidrantes e monitores. Por fim a possibilitar a utilização de espuma pelos monitores e alguns hidrantes, existem redes de concentrado espumífero, alimentadas por tanques e bombas independentes.
- Meios de Detecção de Atmosferas Perigosas:
 - ✓ A esteira de tubagem encontra-se protegido por uma rede de detetores de gases, interligada as botoneiras manuais de alarme, que transmitem o alarme em simultâneo para o Comando Centralizado e Quartel de Bombeiros da APS.
 - ✓ A APS dispõe ainda de 4 equipamentos para deteção de atmosferas perigosas: 1 Explosímetro; 2 Detetores duplos - oxigénio e gases inflamáveis e 1 Detetor quadruplo - oxigénio, monóxido de carbono, ácido sulfídrico e gases inflamáveis.

- CCTV (closed-circuit television) o TGLS possui um circuito interno de televisão constituído por câmaras localizadas em todo o terminal em pontos específicos como é o caso da esteira de tubagens. As diversas câmaras de vídeo são controladas a partir do Comando Centralizado, e as imagens são gravadas com arquivo automático.
 - ✓ Sistemas Contra Intrusão e Roubo existe uma portaria em funcionamento permanente (24h), da responsabilidade da CLT, nos Terminais Petroleiro, Petroquímico e Porto de Recreio, estes Terminais encontram-se vedados, de forma adequada. De referir que a esteira de tubagem após a Bateria Limite (fora dos limites da APS) com direção à Refinaria e à Repsol encontra-se vulnerável a qualquer ato de sabotagem, pelo que constitui uma fonte de perigo para a APS.
- Equipamentos de proteção individual obrigatórios na esteira de tubagens são:
 - ✓ Capacete de proteção; Protetores auriculares; Vestuário anti-estático; Calçado anti-estático; Óculos de proteção.
- Formação/Informação, todos os colaboradores frequentam uma ação de “*Indução de Segurança*” antes de desenvolverem qualquer trabalho na esteira de tubagens.
- *Flare*, a queima dos gases no flare cria uma dupla segurança:
 - ✓ Para o TGLS - segurança dos colaboradores e da instituição, pois impossibilita explosões. A queima garante que estes gases não fiquem parados nas tubagens, o que poderia provocar acidentes.
 - ✓ Para a comunidade - os gases tóxicos são transformados, através da queima, tornando-os menos poluentes, antes de lançados na atmosfera.

5.2 ESTUDO DE SEGURANÇA

O estudo de segurança em relação a esteira de tubagens deve incluir: Descrição da esteira; Análise de riscos de acidente, tendo em atenção as características dos produtos transportados; Medidas de prevenção/proteção para limitação das consequências dos acidentes.

Considera-se que a análise e prevenção de riscos permitem que a esteira de tubagens funcione corretamente com o objetivo de limitar as substâncias perigosas ao interior das tubagens. A análise de riscos realizada no TGLS é através de dois métodos:

- *Método de Gretener*;
- *Análise Preliminar de Riscos* (APR) ou Preliminary Hazard Analysis (PHA).

Estes permitiram, de uma forma sistematizada identificar as potenciais fontes de perigo, hierarquizar os riscos associados a cada uma das áreas, assim como quantificar, onde aplicável, o risco efetivo de incêndio atualmente existente. APR uma técnica de identificação dos perigos e avaliação de riscos de um determinado processo ou instalação.

Situação Perigosa	Origem	Causas	Consequências	Medidas de prevenção	Grau de Risco	Notas de recomendações
-------------------	--------	--------	---------------	----------------------	---------------	------------------------

Tabela 27 Análise Preliminar de Riscos do TGLS.

O **grau de risco** atribuído a cada uma das situações depende da ponderação entre, as quantidades suscetíveis de serem libertadas, as consequências previsíveis para esse acidente, e as medidas de prevenção/proteção, que permitam, por um lado reduzir a probabilidade de ocorrência do acidente e, por outro, limitar as suas consequências. Os acidentes com risco na esteira de tubagens são os decorrentes da libertação de grandes quantidades de substâncias perigosas com a consequente formação de nuvem inflamável e/ou tóxica:

Risco muito elevado (IV); **Risco elevado** (III); **Risco medio** (II); As restantes situações consideradas como perigosas no APR estão associadas, face às consequências previsíveis e às medidas de prevenção, proteção e intervenção existentes **Risco reduzido** (I). O fluxograma seguinte representa um processo geral de análise de riscos de explosão que aponta o reconhecimento de condições que podem levar à formação de atmosferas explosivas e o correspondente grau de risco.

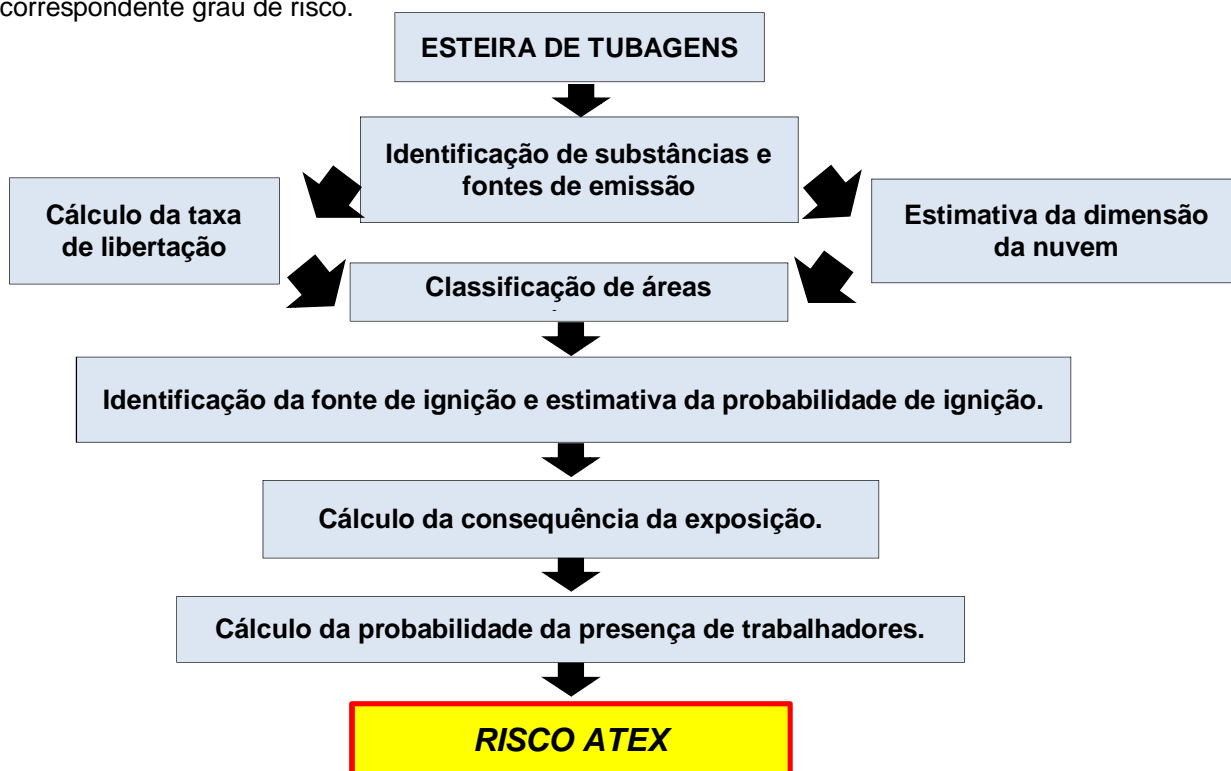


Figura 30 Fluxograma de risco ATEX na Esteira de tubagens.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

Situações Detetadas na esteira de tubagens não aconselháveis: Raquetes (juntas cegas) não antideflagrantes nas tubagens de gás; Zonas com isolamento térmico com falhas; Plataforma elevatória antideflagrante com motor não antideflagrante; Rádios não antideflagrantes; Uso de telemóveis em silêncio; A maioria dos detetores não deteta o hidrogénio; As ferramentas mais pequenas não são antideflagrantes.

5.3 PREVENÇÃO FORMAÇÃO ATEX

- ✓ Substituição das substâncias inflamáveis - Substituição de solventes e produtos de limpeza inflamáveis por soluções aquosas
- ✓ Limitar a concentração - Os gases só são explosivos em misturas com o ar dentro dos limites de concentração. Com determinadas condições de funcionamento e ambientais, é possível permanecer fora destes limites.
- ✓ Inertização - Diluição do oxigénio atmosférico no interior das instalações com substâncias que não sejam quimicamente reativas.
- ✓ Medição de atmosferas - Devem utilizar-se detetores específicos de acordo com o gás que se espera encontrar, devidamente calibrados em função de uma substância inflamável padrão. A monitorização da concentração nas imediações da esteira devem também ser efetuadas periodicamente.
- ✓ Obturadores “balões” - Os obturadores são ferramentas eficazes para a vedação ou obstrução rápida e segura de tubagens, utilizados principalmente durante os trabalhos de reparação e manutenção, acidentes e nos testes de fugas.
- ✓ Leak sealing bags - Para a selagem rápida e eficiente de tubagens com fugas.

5.3.1 Medidas de prevenção e proteção contra explosões

- ✓ Descarga da explosão - No caso de uma explosão, os equipamentos que permitem, abrir para uma direção segura (descarga por rotura de disco Venting).
- ✓ Supressão da explosão - Sistemas que impedem que a explosão alcance uma pressão máxima, injetando velozmente agentes de extinção nos equipamentos e instalações.
- ✓ Prevenção da propagação das chamas - Uma explosão num equipamento pode difundir-se aos equipamentos situadas a montante e a jusante, e aí provocar outras explosões. Por esta razão, é relevante limitar as explosões a cada equipamento, alcançando-se este resultado através do desacoplamento da explosão.

5.3.2 Medidas organizacionais de proteção contra explosões

- ✓ Impedir que os colaboradores fiquem afetados pelas consequências de uma explosão.
- ✓ Adotar processos de inspeção, manutenção e reparação das medidas de proteção contra explosões para garantir a eficácia das medidas. Garantir a interação entre as medidas de proteção e os métodos de trabalho.

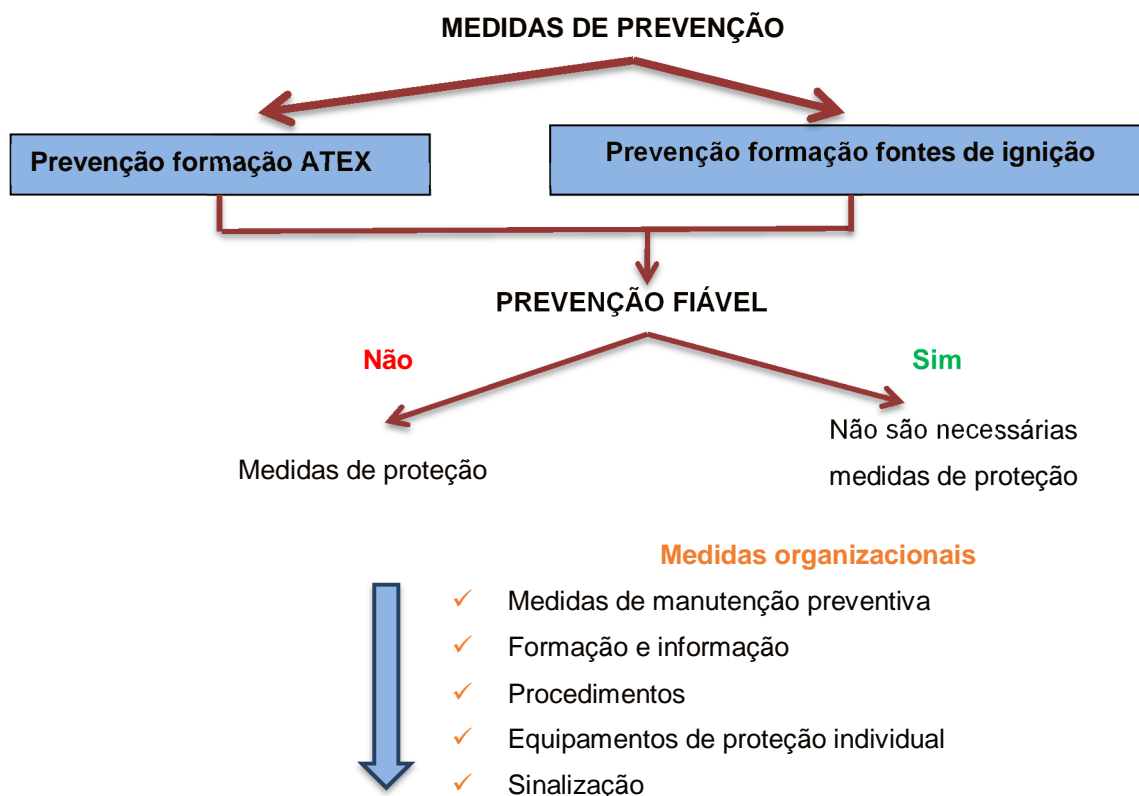


Figura 31 Medidas de prevenção do TGLS.

Gestão da segurança

A APS responsável pela esteira de tubagens do TGLS tem definido e implementado um sistema destinado manter a segurança da esteira e de pessoas e bens quer sejam procedimentos de segurança, ou medidas adequadas para minimizar os impactos de um eventual acidente ou falha. Dispõe também de um serviço de atendimento permanente a central de comunicações de segurança para receber informações dos seus colaboradores ou de terceiros referentes a acidentais anomalias de funcionamento da esteira.

Zonas de trabalho

O método utilizado para prevenir ou reduzir a migração dos contaminantes é a limitação do local de emergência em zonas de trabalho. O emprego de um sistema de três zonas, pontos de acesso e procedimentos de descontaminação, fornecerá uma razoável segurança contra o deslocamento de agentes perigosos para fora da zona contaminada ou área de risco.

Zona Quente (de Exclusão)	Zona Morna (de Redução de Contaminação)	Zona Fria (de Suporte)
<p>Localizada na parte central do acidente, é o local onde os contaminantes estão ou poderão surgir. A zona de exclusão é delimitada pela chamada linha quente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Somente profissionais com protecção completa para químicos (Brigada de Intervenção). 	<p>É a região que fica posicionada na área de transição entre as áreas contaminadas e as áreas limpas. Esta zona é delimitada pelo chamado corredor de redução da contaminação. Toda saída da zona quente deverá ser realizada por esse corredor.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Profissionais com ARICA, e vestimenta de protecção química. 	<p>Localizada na parte mais externa da área é considerada não contaminada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Profissionais com menor ou sem protecção adicional.

Tabela 28 Divisão das zonas de trabalho.
(Fonte: responsabilidade do Autor.)

5.4 TIPOS DE FUGAS

Fuga instantânea corresponde ao colapso da tubagem ou o esvaziamento rápido da mesma, pela formação de um orifício de estimáveis dimensões, considera-se que todo o fluido está imediatamente disponível para a dispersão na atmosfera quando se trata de gases, ou para a extensão sobre o terreno e evaporação, quando se trata de um líquido.

Fuga semi-contínua corresponde a uma fissura suficientemente pequena para que a duração do processo de descarga seja significativa.

5.4.1 Comportamento das fugas

As fugas devem-se a perdas de contenção de equipamentos, a partir de uma ou várias causas a sua evolução é diferente pois depende:

- ✓ Tipo de produto, a sua própria natureza (inflamáveis, explosivos, tóxicos);
- ✓ As condições em que se encontra (em armazenagem, processo, etc.);
- ✓ As características dos processos realizados (pressões, temperaturas elevadas, volume de produtos, determinam a existência de riscos com um potencial elevado de perdas em caso de acidentes graves.



Figura 32 Distancias de Segurança - Manual de Intervenção em Emergências com Matérias Perigosas.

5.4.2 Consequências das fugas

Para avaliar as consequências dos efeitos e impactos das fugas de gases ou líquidos inflamáveis, explosivos e tóxicos os operadores da esteira de tubagens deve considerar: A proximidade a esteira de tubagens da população (densidade); A proximidade a esteira de tubagens das infraestruturas sensíveis aos planos de emergência (hospitais, escolas, creches, lares); Danos as propriedades; Os danos ambientais e Efeitos das emissões de gás.

Face a um derrame/libertação, na esteira de tubagens, esta não possui bacia de retenção, todo o produto derramado não fica contido, deve-se assegurar a inexistência de fontes de ignição e usar, se necessário, água pulverizada para baixar os vapores. No caso de incêndio utilizar espuma, pó químico, dióxido de carbono ou água pulverizada (nunca em jato) para tentar extinguir o incêndio, proteger, por arrefecimento, as estruturas próximas que possam ser inflamadas por contágio (efeito dominó).

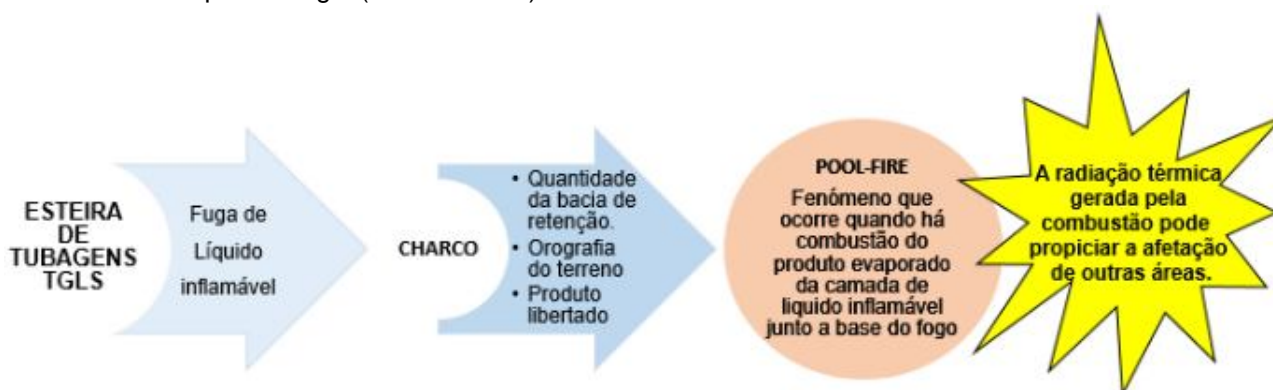


Figura 33 Consequência das fugas na esteira de tubagens no TGLS.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

Aspetos a considerar na definição de distâncias de segurança:

- ✓ Probabilidade de ocorrência de acidente grave (face às características da esteira de tubagens);
- ✓ Consequências previsíveis (Inflamação / Radiação / Sobrepressão / Toxicidade);
- ✓ Alcance pressentível dos efeitos.

Sempre que existam produtos classificados como tóxicos para o ser humano, por norma, o efeito principal está relacionado à toxicidade consequente da dispersão da nuvem, a distância de segurança deve estar associada à toxicidade dos produtos.

5.5 SIMULAÇÕES E ANÁLISES DE SENSIBILIDADE

De seguida apresenta-se uma análise detalhada a várias condições, correspondente a um cenário possível dentro das situações mais prováveis e as mais desfavoráveis.

O cenário estudado não é, obviamente, o único acidente possível de ocorrer, sendo no entanto, aquele que, pela ponderação da probabilidade de ocorrência e consequência, se considera

como suficientemente representativos. Os resultados são quantificados numa perspetiva de sobrepressões, inflamabilidade e radiação térmica.

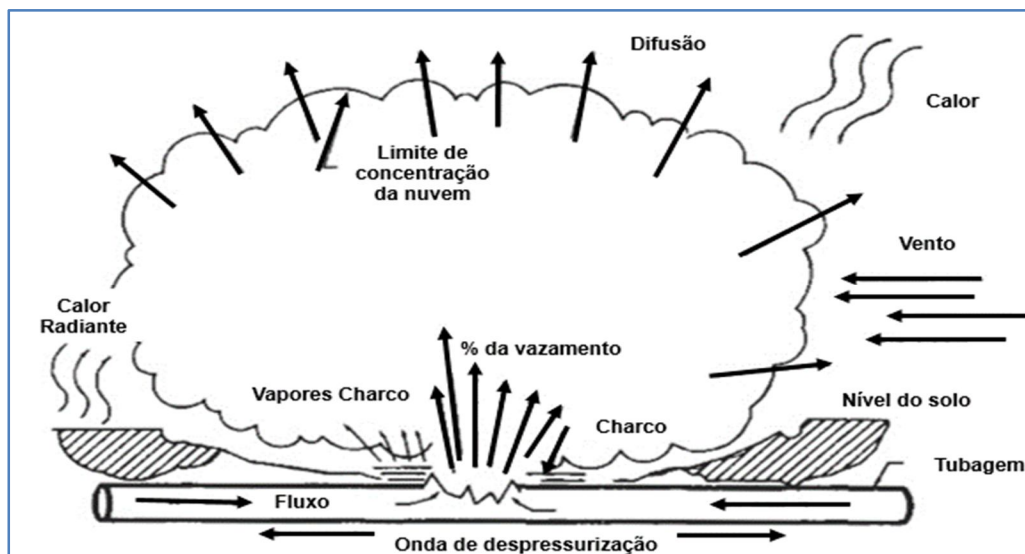


Figura 34 Nuvem de vapor devido a rutura da tubagem.

Adaptado Muhlbauer, W. K. (1996), Pipeline Risk Management Manual

O software de modelação de consequências, utilizado para a simulação foi o **PHAST™** sendo este amplamente considerado como referência nesta matéria a nível Europeu e maioritariamente utilizado nos Relatórios de Segurança em Portugal. PHAST™ versão 7.11 da DNV-GL (Det Norske Veritas - Germanischer Lloyd) foi a versão utilizada para efetuar os cálculos do acidente a seguir considerado, através dele determinou-se e mapeou-se as áreas passíveis de serem atingidas pelos efeitos físicos e toxicológicos, originados pelo acidente envolvendo um produto perigoso a **Gasolina**. O estudo de vulnerabilidade tem por desígnio a determinação do nível de consequência produzida nos trabalhadores, ambiente e instalações.

Os resultados do acidente simulado refletem as condições mais desfavoráveis:

- Propagação direcional sem ingerência de obstáculos;
- Todas as distâncias expostas têm como início a área do acidente e apresentam distâncias máximas, na direção do vento;
- Ausência de barreiras físicas na propagação da radiação térmica e de ondas de pressão.

Critérios Gerais Empregues

- Para fugas de tubagens considerou-se:
 - ✓ Rotura parcial para tubagens de diâmetro ≥ 150 mm.
 - ✓ Rotura total para tubagens de diâmetro < 150 mm.
 - ✓ A probabilidade de rotura total é $<$ à rotura parcial, de acordo com APR.
- Em relação à direção da fuga, considerou-se a direção horizontal;

- Adota-se o tempo de duração das fuga até 600 segundos, em função da relatividade de isolamento do circuito, através de válvulas automáticas comandadas à distância ou válvulas manuais operadas no local, devido à ausência de operadores na esteira de tubagens e sistemas de corte rápido da fuga.
- Os cálculos efetuados obtiveram-se mediante os modelos:
Fuga de gás/vapor/líquido; Nuvem tóxica/inflamável; Incêndio de charco; Deflagração, UVCE.
- Para a concentração de substância inflamável utilizou-se L.I.E/2.

Nos cálculos as condições meteorológicas utilizadas foram as mais frequentes e as mais desfavoráveis da zona.

Estabilidade atmosférica D (neutra)	Vel. Média do vento: 4.6 m/s	Vento predominante NNW	Humidade relativa 78%	Modelização temperatura 20°C
--	---	-------------------------------------	------------------------------------	---

Dados climatéricos do IPMA examinados na estação meteorológica de Sines, no período de Janeiro de 2008 a Dezembro de 2013.

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2008	10	10	9	11,5	12,4	14,4	15,4	15,3	15,4	12,7	8,3	8,7
2009	8,1	8,4	10,4	9,9	13,1	16,8	15,7	16,4	16,2	16,4	12,6	9,7
2010	8,8	9,2	10	12,3	12,9	14,9	16,5	17,5	16,3	13,7	11,3	9,7
2011	8,6	8,7	9,3	13	15,1	15,2	15,3	16,1	15,8	15,7	11,5	8,4
2012	7,3	5,1	9,6	10,2	13,6	15,3	15,1	16,3	17	14	10,5	9,7
2013	10	7,3	10,4	10,7	11,6	14,1	16,7	16,5	16,6	15,5	10	8,8
Δt	2,7	4,9	1,4	3,1	3,5	2,7	1,6	2,2	1,6	3,7	4,3	1,3

Tabela 29 Média da Temperatura máxima do ar (°C)

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2008	72,1	47,9	39,3	60,8	56,3	0,2	1,2	0,8	19,6	24,3	37,2	52
2009	121,9	66,5	6,7	38,8	3,1	7,9	0,4	0	7,2	27,4	48,4	187,2
2010	118,9	150,4	72,4	29,8	28,4	18,5	0,4	0,2	6,1	103,5	80	149,3
2011	79,3	57,7	43,7	138,4	64,1	0	0,2	11,7	16,9	56,6	146,3	12,2
2012	34,7	1,4	64,8	63,2	25,9	1,3	0,1	1,8	21,8	76,9	108,8	69,9
2013	62,9	36,9	132,1	20,7	8,6	1,1	0,2	0,1	39,7	92,5	7,4	35

Tabela 30 Intensidade média do vento (m/s)

As condições climatológicas quanto à estabilidade e velocidade do vento na modelização:

Categoria de estabilidade	C Ocorre 20.4% do tempo	D Ocorre 52% do tempo	F Mais desfavorável
Velocidade do vento	2.5 m/s	4.6 m/s	1.5 m/s.

A trasfega de substâncias perigosas (tóxicas, inflamáveis ou reativas) está sujeita à ocorrência de liberações casuais destas substâncias ou de energia de forma descontrolada. Estas liberações descontroladas originam acidentes com os intrínsecos efeitos físicos

(sobrepensões, fluxos térmicos e nuvens de gases tóxicos) os quais podem proporcionar danos às pessoas e/ou instalações presentes na zona afetada.

A dimensão dos prováveis danos é proporcional à energia do efeito físico originador do dano. A ascensão da temperatura da zona de conforto principia problemas, primeiro de natureza subjetiva, posteriormente de natureza fisiológica até alcançar a fronteira física de permissividade.

A aplicação da investigação histórica de acidentes em esteiras de tubagens, a experiência em unidades análogas, permitem efetuar uma seleção de cenários representativos, que pretendem recolher, especialmente, os acidentes com maior gravidade para a envolvente do TGLS.

O cenário utilizado para estudo foi uma liberação accidental de uma substância inflamável a **Gasolina** devido a rutura de uma tubagem. Esta simulação assume que o hidrocarboneto permaneceriam na superfície para evaporação, a hipótese de uma superfície impermeável é uma limitação do programa PHAST™. Tendo em consideração a natureza dos solos na esteira de tubagens, a taxa provável de absorção dos fluido é alta e não é plausível uma grande inundação.

Se ocorrer uma ignição imediata no líquido derramado ocorre um jato de fogo ou "jet fire", se não ocorrer a ignição imediata forma-se uma nuvem de gás inflamável que é transportada pelo vento, deslocando-se para várias direções. Se seguir para direções onde não exista pontos de ignição, a nuvem dissipa-se no meio circundante sem causar nenhuma consequência, se deslocar-se para as outras direções onde alcance um ponto de ignição, provavelmente sucederá uma explosão da nuvem "UVCE" ou um rápido incêndio da nuvem, podendo originar mortes e outros malefícios.

Quando a queima da nuvem é feita de forma lenta e progressiva, tem-se um incêndio em nuvem ou "flash fire", que se dá usualmente em regiões não confinadas e desobstruídas, sem que seja gerada uma onda de sobrepressão significativa.

No caso de serem vapores ou gases tóxicos estes poderão afetar as pessoas que se encontram nas proximidades da fuga e inclusivamente, se o produto é muito tóxico pode dispersar-se a centenas ou milhares de metros.

O critério utilizado para o cálculo das distâncias dos efeitos de toxicidade, referente à dispersão da nuvem tóxica, são os valores da AEGL (Acute Exposure Guideline Levels), afim de delimitar a distância máxima a que esta atinge o valor limite de concentração de referência.

Os valores AEGL são em função do tempo de exposição, 1 hora é o tempo máximo que se considera para a exposição de um recetor na direção ótima de dispersão da fuga, antes de evacuar a zona.

Concentração < AEGL 1 representam níveis de exposição que produzem ligeiro odor, sabor ou outra irritação sensorial ligeira.

AEGL 1: concentração a partir da qual se prevê que a população em geral, incluindo indivíduos suscetíveis, mas excluindo os hipersuscetíveis, pode experimentar uma incomodidade notável.

AEGL 2: concentração acima da qual se prevê que a população geral, incluindo indivíduos suscetíveis mas excluindo os hipersuscetíveis, pode experimentar efeitos a longo prazo sérios ou irreversíveis ou ver impedida a sua capacidade para escapar.

AEGL 3 < concentração > AEGL 2 representam níveis de exposição que podem causar efeitos a longo prazo, sérios ou irreversíveis ou impedir a capacidade de escapar.

AEGL 3: concentração acima da qual se prevê que a população geral, incluindo indivíduos suscetíveis mas excluindo os hipersuscetíveis, pode experimentar efeitos ameaçadores para a vida ou a morte.

Tabela 31 Definição de cada índice de concentração AEGL.

(Fonte: PHAST™ versão 7.11.)

Categorias de substâncias inflamáveis

Categoria		Limites
Categoria 0	Extremamente Inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação inferior a 0 °C e um ponto de ebulição inferior ou igual a 35°C.
Categoria 1	Facilmente Inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação inferior a 21 °C, mas que não são extremamente inflamáveis
Categoria 2	Inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior ou igual a 21 °C e inferior a 55 °C
Categoria 3	Combustíveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior ou igual a 55 °C e inferior a 100 °C
Categoria 4	Combustíveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior a 100 °C

Tabela 32 Reference Manual BEVI Risk Assessment- the Netherlands (2009).

*“Reconhece o Governo, de acordo com a orientação que vem sendo consagrada nas estruturas responsáveis pelo ambiente no seio da Comunidade Europeia, que o transporte de produtos combustíveis, sob forma líquida ou gasosa, deve realizar-se, sempre que possível, através de condutas de transporte passivas, designadas como **pipe-lines ou oleodutos/gasodutos**, já que é essa a forma menos agressiva e que menos risco oferece para a preservação do ambiente, importando por isso mesmo estimular e incentivar a progressiva substituição de outros métodos de transporte.”*

O transporte da nuvem de vapor inflamável ou tóxica no meio ambiente obedece essencialmente a topologia do local, da velocidade do vento e do grau de turbulência da atmosfera no momento do acidente.

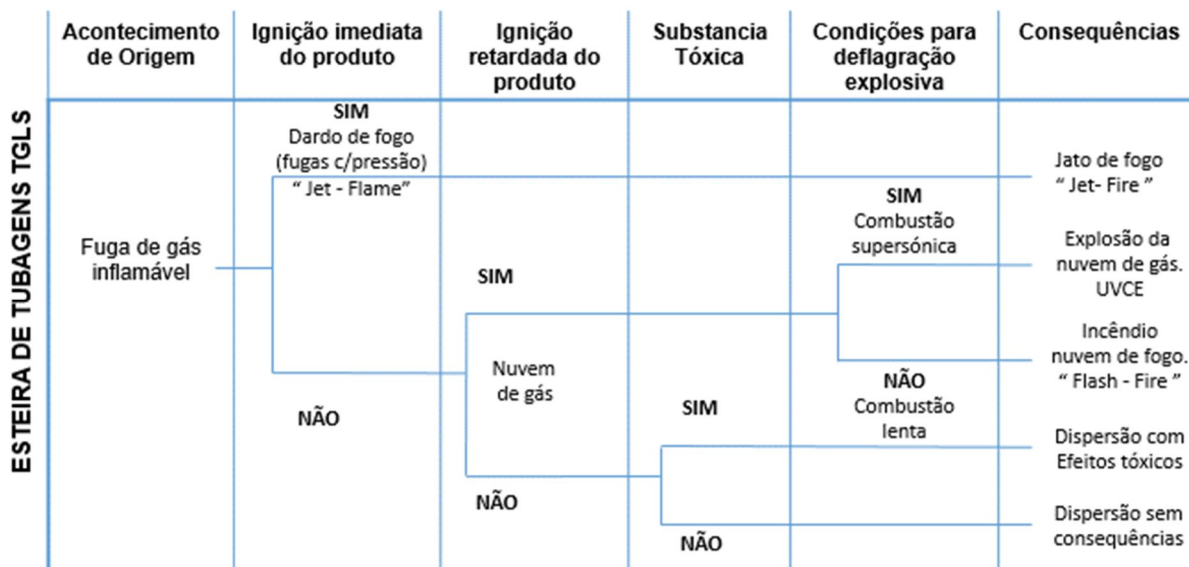


Figura 35 Árvore de eventos para uma fuga de um gás inflamável.

(Fonte: responsabilidade do Autor.)

A Árvore de acontecimentos produz um conjunto de cenários sujeitos aos fenómenos importantes para a evolução do acidente, tais como, a direção e a velocidade do vento.

A ocorrência ou não de ignição imediata, como a possibilidade de ocorrência de incêndio ou explosão são também consideradas nos casos de produtos inflamáveis.

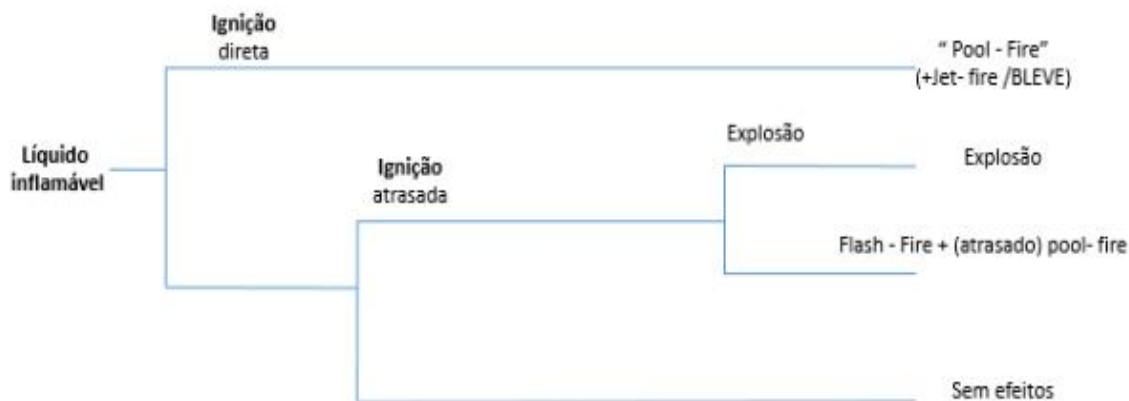


Figura 36 Árvore de eventos para uma liberação de um líquido inflamável,

"Reference Manual Bevi Risk Assessments (2009) version 3.2"

5.5.1 Condições do cenário

Material	Quantidade	Temperatura	Pressão	Ø tubagem	Ø fuga	Tempo
Gasolina	416,7 m ³	40,0 °C	2,0 bar	24,0"	2,4"	1,5m/s

Desenvolvimento do cenário

Rotura parcial da tubagem de 1400m, implicando a libertação de gasolina.

O vapor entretanto produzido formou, com o ar, uma atmosfera inflamável, tendo a nuvem migrado, arrastada pelo vento e posteriormente adquirido a energia de ativação para entrar em combustão por causa fortuita. A ferramenta utilizada para modelar as consequências associadas à ocorrência acidente, foi o programa **PHAST™** (reconhecido internacionalmente) este permitiram-nos modelar situações acidentais com maior rigor.

A representação das áreas vulneráveis é apresentada sob a forma de gráficos, onde constarão as características do acidente e os respetivos alcances relativos aos efeitos físicos considerados. O programa calcula a intensidade dos efeitos e zonas de perigo, dependendo do tipo de descarga e o estado de aglomeração do produto libertado. O modelo exercitado foi a **dispersão de uma nuvem**, este modelo descreve uma fuga de gasolina que não inflama de imediato e forma uma nuvem, esta move-se para longe do local de emissão, as concentrações diluem no ar para limites menos perigoso. Os resultados obtidos do **PHAST™** são:



Figura 37 Nuvem de vapores da gasolina, programa PHAST™.

INDICADORES/CONSEQUÊNCIAS	VALOR
Caudal de vaporização da piscina (kg/s)	0.02
Alcance da nuvem até 50% do LII (m)	450
Alcance da nuvem até ao LII (m)	200

Tabela 33 Indicadores de consequências do alcance da nuvem de gasolina.

(Fonte: PHAST™ versão 7.11.)

INDICADORES/CONSEQUÊNCIAS	VALOR
Distância a que se faz sentir o nível de radiação de 1.6 kW/m^2	1010 m
Distância a que se faz sentir o nível de radiação de 4 kW/m^2	645 m
Distância a que se faz sentir o nível de radiação de 12.5 kW/m^2	201 m
Distância a que se faz sentir o nível de radiação de 37.5 kW/m^2	144 m

Tabela 34 Indicadores e consequências da fuga de gasolina

Como consequência indireta da dispersão da nuvem de gasolina é a possibilidade de ocorrer a interceção de uma fração da nuvem por uma fonte de ignição que forneça a energia de ativação necessária para ocorrer a inflamação da nuvem de vapor.

Assim, é previsível a morte de todas as pessoas que sejam abrangidas pela nuvem inflamada, até uma distância de cerca de 200 metros da origem da libertação.

Uma das consequências possíveis desta inflamação é a hipótese de ocorrer o retorno de chama e a inflamação da gasolina a vaporizar do solo. Estas consequências são, no entanto, muito diminutas, sendo apenas previsível que ocorra morte para quem fique envolvido pelo incêndio.

Se a ignição se der de imediato perto da zona de fuga, isso pode dar origem a um jato de fogo.

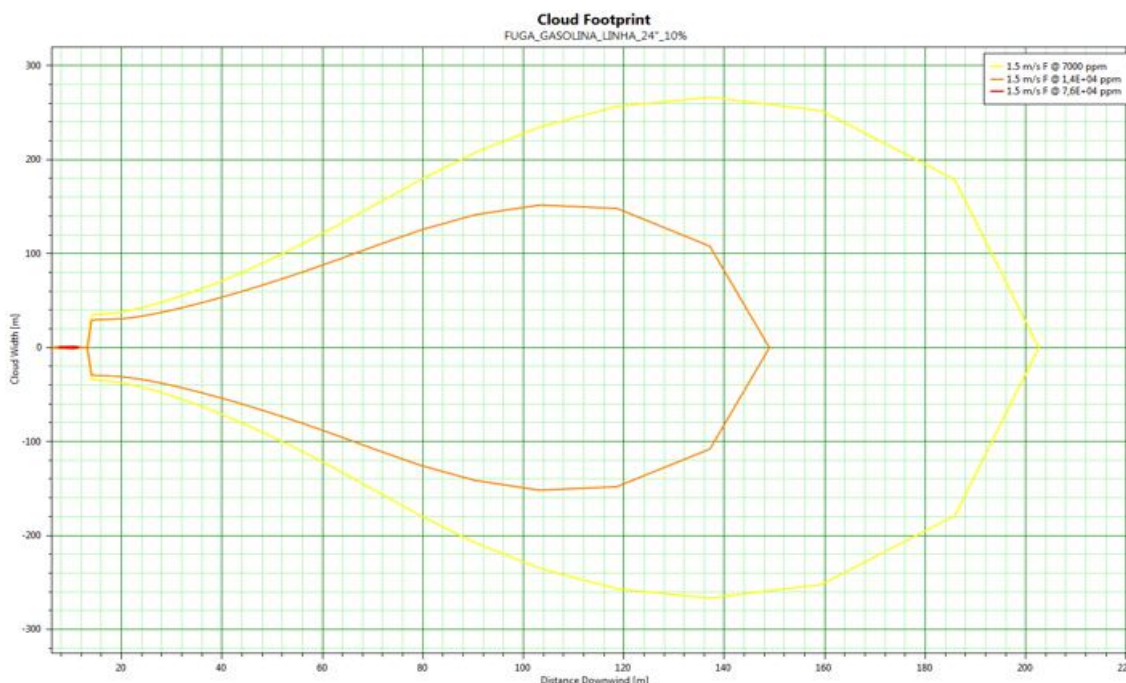


Figura 38 Vista superior da deslocação da nuvem de vapores, programa PHAST™.

Esta representação gráfica oferece-nos uma perspetiva aérea da largura máxima da nuvem (520m) versus o comprimento máximo (210m).

Radiação Térmica kW/m^2	Efeitos/Consequências
1.2	Sol no Verão
2	Minino para causar dor após 1 minuto.
≤ 5	Irá causar dor entre 15-20 segundos e lesão apos 30 segundos.
≥ 6	Dor aproximadamente 10 segundos
12.5	Oportunidade significativa de fatalidade para a exposição média duração. Aço fino pode atingir o nível de stresse térmico alto o suficiente para causar a falha estrutural. Inflama madeira após exposição prolongada.
25	Provavelmente fatalidade por exposição prolongada. Ignição espontânea de madeira após longa exposição. Aço desprotegido vai atingir temperaturas térmicas de stresse que podem causar falha estrutural.
35	Oportunidade significativa de mortalidade para as pessoas expostas instantaneamente. Material celulósico vai inflamar após 1 minuto.

Tabela 35 Indicadores e efeitos/consequências do nível de radiação, programa PHAST™.

No caso de se formar um jato de fogo (é a combustão de produto que sai de um orifício com expressiva impulsão) as consequências são as que seguidamente se apresentam:



Figura 39 Fluxo da radiação térmica "Flash fire" na direção do vento a partir da fuga na tubagem, programa PHAST™.

O *Flash fire* originado por uma ignição imediata de uma atmosfera inflamável que queima instantaneamente todo o seu volume, provocando uma forte radiação térmica. O Flash Fire é caracterizado pelo Limite Inferior de Inflamabilidade para determinar a nuvem inflamável.



Figura 40 Fluxo da radiação térmica “jet fire” na direção do vento a partir da fuga na tubagem, programa PHAST™.

5.5.2 Ações de proteção

Ações de proteção são as medidas tomadas para preservar a saúde e a segurança dos colaboradores e da população durante um acidente envolvendo produtos perigosos.

Os resultados fornecidos pelo **PHAST™** prevê o tamanho das áreas a favor do vento que poderiam ser afetadas por uma nuvem inflamável. **Isolar a área** perigosa e não permitir a entrada de pessoas que não estão diretamente envolvidas nas operações de emergência, é o primeiro passo para quaisquer ações de proteção, é necessária para estabelecer o controlo sobre a área afetada. As pessoas presentes na zona afetada deverão ser evacuadas, **evacuar** consiste em movimentar todas as pessoas da área ameaçada para um **lugar seguro**, (onde as pessoas não estão em risco de exposição prejudicial), previamente determinado, livre de perigos e distante o suficiente para que as pessoas não tenham que ser transferidas novamente com imprevistas mudanças da direção do vento.

A eficácia da evacuação ou da proteção na área afetada carece de uma correta avaliação dos seguintes fatores: Produto perigoso (propriedades químicas e físicas, grau de perigo para a saúde); Quantidade envolvida; Contenção / controlo da libertação; A população ameaçada (número de pessoas); Localização; Tempo disponível para evacuar ou recolher no local e Direção do vento. A colocação de cortinas de água facilita na diminuição da concentração do produto perigoso.

5.6 DISTÂNCIA DE SEGURANÇA



Figura 41 Esteira de tubagens TGLS e o edifício limítrofe de Sines

Os riscos presentes no transporte de hidrocarbonetos líquidos e liquefeitos na esteira de tubagens estão basicamente associados à libertação sob a forma líquida ou de gases que poderão criar atmosferas explosivas, uma regra que interessa à segurança, é categorizar as áreas de implantação e estabelecer distâncias mínimas entre a esteira e as edificações ou outros equipamentos, tendo em vista minimizar os impactos em caso de acidente.

Classificação das áreas

Categoria 1	Áreas nas quais a densidade de edifícios por 10 km seja inferior a 8 e a densidade de edifícios por quilómetro seja inferior a 13. Regiões desérticas ou montanhosas, pastagens, terras de cultivo, zonas rurais, zonas na proximidade de aglomerações.
Categoria 2	Áreas em que a densidade de edifícios por 10 km seja igual ou superior a 8 e a densidade de edifícios por quilómetro seja igual ou superior a 13. (regiões desérticas ou montanhosas, pastagens, terras de cultivo, zonas rurais, zonas na proximidade de aglomerações.)
Categoria 3	Zonas residenciais ou comerciais com uma densidade de 30 ou mais edifícios por quilómetro. (hospitais, igrejas, escolas, edifícios habitados e áreas de recreio ou de reunião)
Categoria 4	As zonas nas quais se verifiquem as seguintes condições: Predominância de edifícios de quatro ou mais pisos acima do nível do solo; Tráfego intenso; Existência de numerosas instalações no subsolo, nomeadamente canalizações, cabos elétricos e telefónicos.

Tabela 36 classificação das áreas em quatro categorias adaptação Portaria nº 765/2002.

“Quando o oleoduto transportar apenas hidrocarbonetos que sejam líquidos nas condições normais de temperatura e pressão, a distância entre qualquer edifício ou outra construção e o eixo longitudinal daquele deve ser, no mínimo, de 10 m.”

Portaria nº 765/2002 de 1 de Julho, no artigo 23º Distâncias de segurança nº 3.

A Zona Norte da Esteira de tubagens inclui uma via municipal da Costa do Norte que dá acesso à APS-TGLS, as instalações vizinhas são a Zona Industrial Ligeira - 1 e os edifícios de habitação são o Bairro Amílcar Cabral, Bairro do Farol, Loteamento do Farol, Loteamento das Índias e Bairro Municipal da Floresta que se situam paralelamente a esteira de tubagens a uma distância inferior a 10 metros do eixo longitudinal, apenas existe um muro a separar a esteira da zona residencial.

Para efeitos de ordenamentos do território teria sido boa prática considerar valores de aceitabilidade do risco mais limitados para a planificação urbanística, pois a perigosidade associada acidentes no transporte de substâncias perigosas é uma realidade assim sendo se não for possível garantir distâncias de segurança deve-se adotar medidas técnicas complementares.

Perante o exposto, seria oportuno por parte da Camara Municipal de Sines criar condicionantes ao desenvolvimento das zonas limítrofes da esteira de tubagens, quer sejam residenciais ou vias de comunicação.

Os ventos predominantes no terminal são NNW e a este encontra-se situada a *flare* da Repsol



Figura 42 Flare REPSOL no TGLS

CONCLUSÃO

Este estudo reflete uma preocupação com os acidentes no transporte de substâncias perigosas pois são uma realidade, o colossal objetivo é minorar as suas consequências. Torna-se imperativo que o TGLS realize os requisitos legalmente exigidos, esta tese visa ser um importante contributo para coadjuvar na implementação da Diretiva ATEX.

O TGLS é uma instituição exposta a situações muito críticas (explosões, incêndios) e de consequências imprevisíveis, a esteira poderá estar falsamente protegida, uma vez que o *Manual de Proteção Contra Explosões* encontra-se em fase de elaboração, não existem evidências totais do cumprimento do planeamento de manutenção preventiva a esteira de tubagens e aos equipamentos elétricos “ex”, de forma a reduzir a probabilidade da degradação das tubagens e equipamentos para que estes possam garantir o grau de proteção por toda a sua vida útil. Outra situação de relevo é o não cumprimento na íntegra com a obrigatoriedade da pintura das tubagens industriais, para condução de líquidos e gases, a fim de facilitar a identificação do produto e evitar acidentes. Aparenta existir no TGLS uma nítida aposta na manutenção corretiva em prol da proactiva, condicionada por interesses económicos.

Em relação a pergunta de partida **“Como é percecionada as prioridades dadas à segurança em zonas de atmosferas explosivas na esteira de tubagens, considera-se um risco emergente ou ignorado?”** é de conhecimento geral que os acidentes que provocam explosões e incêndios muitas vezes originam lesões graves ou até a morte de muitos trabalhadores e que em termos económicos todos os estudos sobre custos reais dos acidentes demonstram que o investimento na melhoria da gestão da SHT é menor que os custos da reparação dos acidentes, por vezes esta visão é distorcida pela obsessão desmesurada do aumento dos lucros da empresa, o que seria um investimento na SHT é encarado como um gasto, potenciando o risco de acidentes de trabalho. Os trabalhadores do TGLS possuem vastos conhecimentos de segurança, mas nem sempre os aplicam, por culpa da sua formação aos resultados da produção, a alteração pode passar pela sensibilização e comprometimento da gestão de topo no processo de mudança de cultura de segurança.

As zonas limítrofes da esteira de tubagens, maioritariamente residenciais não respeitam as distâncias de segurança exigidas, tornando-se extremamente complicado o controlo das fontes de ignição no caso de uma fuga de gás inflável que se desloque nessa direção. Para melhor clarificar, selecionou-se um cenário representativo de uma situação típica em caso de rutura catastrófica da tubagem envolvendo explosão de uma nuvem de gasolina, foi utilizado o programa **PHAST™** pois este permite, modelar a situação do acidente, simular as consequências, e analisar as vulnerabilidade para assim prevenir e controlar os riscos induzidos as populações envolvidas.


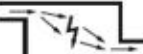
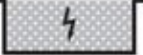
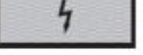

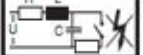
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridade Nacional de Proteção Civil- ANPC. *Manual de Intervenção em Emergências com Matérias Perigosas – Químicas, Biológicas e Radiológicas*. Disponível em: 01/07/2015 em http://www.prociv.pt/Documents/MIEMP_web.pdf
- BP (Fevereiro 2013). *Manual de Instruções e normas de segurança*.
- Câmara Municipal de Sines (2012). *Plano de emergência externo dos Estabelecimentos “SEVESO” do concelho de Sines*. Disponível em: 15/09/2015 em <http://www.sines.pt/PT/Viver/ProteccaoCivil>
- Ferreira, C. (2009). Guia para Classificação de Zonas ATEX. Disponível em: 15/06/2015 em http://issuu.com/carlosferreira32/docs/apend._d_guia01_atex_gas_set_09
- Comissão das Comunidades Europeias (2006). *Guia de boas práticas: Segurança e Saúde dos trabalhadores expostos a atmosferas explosivas*. Lisboa: Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho.
- Chu, J. Nobre. (2014). Tese - *Análise de Riscos nas Indústrias Petroquímicas Atmosferas explosivas*. Setúbal: Instituto Politécnico de Setúbal.
- Decreto-Lei 152/94, de 26 de Maio. *DR nº 122 - I Série A*. Min. da Indústria e Energia.
- Decreto-Lei n.º 112/96 de 5 de Agosto. *DR nº 180 - I Série A*. Min. da Economia.
- Decreto-Lei 236/03, de 30 de Setembro. *DR nº 226/03 – I Série A*. Min. da Segurança Social e do Trabalho.
- Decreto-Lei 211/99, de 14 de Junho. *DR nº 136/99 – I Série A*. Min. da Economia.
- Diretiva 1989/391/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de Junho de 1989.
- Diretiva 1999/92/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 1999.
- Directorate General Enterprise and Industry ATEX Guidelines (2007). *Guidelines on the application of council directive 94/9/EC of 23 March 1994 on the approximation of the laws of the member states concerning equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres*.
- DNV Technical Software Products Division. PHAST™ versão 7.11 Disponível em: 10/07/2015 em <http://www.dnvba.com>
- Ferreira, Carlos. (2009). *Guia para classificação de zonas ATEX*. Disponível em: 01/09/2015 em http://issuu.com/carlosferreira32/docs/apend._d_guia01_atex_gas_set_09
- Guerra, A. Matos (2005) *Manual de Brigadas de Incêndio*. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros.
- Guerra, A.; Coelho, J.; Leitão, R. (2003) *Fenomenologia da combustão e extintores*. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros.
- Haddad Edson; Serpa, Ricardo e Arias, Rodolfo. *Identificação e classificação de produtos perigosos: classificação de riscos da ONU, painel de segurança e rótulo de riscos*. Disponível em: 01/08/2015 em <http://www.bvsde.paho.org/>

- IEC 60079-10:2002 Material elétrico para atmosferas explosivas. Parte 10: Classificação de locais perigosos.
- IEC 61241-10:2004 Material elétrico para uso na presença de poeiras combustíveis. Parte 10: Classificação de locais perigosos.
- INDUSMELEC (2014, Março). *Catalogo ATEX Atmosferas Explosivas*. Disponível em: 15/06/2015 em <http://www.indusmelec.pt/Industria/Industria.html>
- Lei n.º 7/2009 de 12 de Fevereiro. *Diário da República nº 30 - I Série. A.* da República.
- Lei n.º 3/2014 de 28 de janeiro. *Diário da República nº 19 - I Série.* Ass. da República.
- Martin, Alonso e Carmen, Mª. (2003) *Clasificación de áreas con riesgo de atmósferas explosivas (atex): gases, vapores y nieblas inflamables*. Disponível em: 15/09/2015 em <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/postersTecnicos/ficheros/ATEX-%20Gases%20Vapores%20y%20Nieblas%20inflamables.pdf>
- Muhlbauer, W. K. (1996), *Pipeline Risk Management Manual*. Disponível em: 15/07/2015 em https://s3-ap-southeast-1.amazonaws.com/erbuc/files/5165_e682300c-8534-473b-b4d9-7408638c27ff.pdf
- National Institute of Public Health and the Environment – RIVM (2009). *Reference Manual Bevi Risk Assessments* version 3.2 Disponível em: 15/07/2015 em <http://rivm.nl/dsresource?type=pdf&disposition=inline&objectid=rivmp:22450&versionid=&subobjectname>
- NP 182 (1966). Define cores e sinais para identificação de tubagens. IPQ.
- Parlamento Europeu e do Conselho (2003). *Guia de boa prática de carácter não obrigatório para a aplicação da Diretiva 1999/92/CE*. Disponível em: 15/09/2015 em [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/crc/PublicacoesElectronicas/Documents/Guia_Atmosferas_Explosivas.pdf](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/crc/PublicacoesElectronicas/Documents/Guia_Atmosferas_Explosivas.pdf)
- Planas, G. (1989) *La prevención de incendios y explosiones en las instalaciones industriales*. Ingeniería Química.
- Portaria 765/2002, de 1 de Julho. *Diário da República nº 149 - I Série-B*. Min. Economia.
- Portaria nº 1101/2000 de 20 de Novembro. *Diário da República nº 268 - I Série-B*. Ministério do Equipamento Social.
- Santos, A. (2008). Tese - *Licenciamento das instalações fabris de uma unidade de produção de API's, aplicação da Diretiva ATEX, e Qualificação de equipamentos*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Wikipedia. Disponível em: 15/06/2015 em <https://pt.wikipedia.org/>
- Zimmermann, A. Thom. (2009). Tese - *Análise de Riscos de um Vazamento de Gás Natural em um Gasoduto*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- (2011) Tese - *Contributos para a implementação da Diretiva ATEX Estudo de caso no sector industrial*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

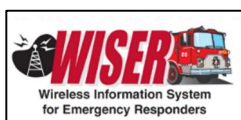
APÊNDICE A

Tipos de proteção – Atmosferas Explosivas

Tipo de proteção	Símbolo	Zona de aplicação			Grupo/ Categoria/ Atmosfera	Legislação	Representação simplificada
		0	1	2			
Antideflagrante - Modo de proteção em que as peças, que podem inflamar o ambiente explosivo, são fechadas num invólucro, que resiste à pressão desenvolvida numa explosão interna numa mistura explosiva, e que impede a transmissão da explosão, ao ambiente explosivo envolvente do invólucro.	"d"		x	x	II 2 G	IEC 60079-1; EN 50018	
Pressurização - Pressurização interna, mantida no ambiente envolvente, com um gás neutro de proteção.	"p"		x	x	II 2 G e II 2 D	IEC 60079-2; EN 50016	
Imersão em areia - Enchimento do invólucro por um material pulverulento.	"q"		x	x	II 2 G	IEC 60079-5; EN 50017	
Imersão em óleo - Modo de proteção no qual o material elétrico está submerso em óleo.	"o"		x	x	II 2 G	IEC 60079-6; EN 50015	
Segurança aumentada - Medidas que são aplicadas, com o fim de evitar, com um coeficiente de segurança elevado, a possibilidade de temperaturas excessivas e a aparição de arcos ou faíscas no interior e sobre as partes externas do material elétrico que não se produzem em funcionamento normal.	"e"		x	x	II 2 G	IEC 60079-7; EN 50019	
Segurança intrínseca - Modo de proteção, no qual nenhuma faísca nem qualquer efeito térmico, produzido nas condições de teste prescritas pela norma (funcionamento normal e condições de falha), é capaz de provocar a inflamação dum ambiente explosivo.	"i"	"ia"	x	x	II 2 G e II 2 D	IEC 60079-11; EN 50020	
		"ib"		x			
Não acendível - Modo de proteção aplicado a material elétrico de modo a que, em funcionamento normal e em certas condições anormais específicas da presente norma, não possa inflamar o ambiente explosivo circundante.	"n"			x	II 2 G	IEC 60079-15	

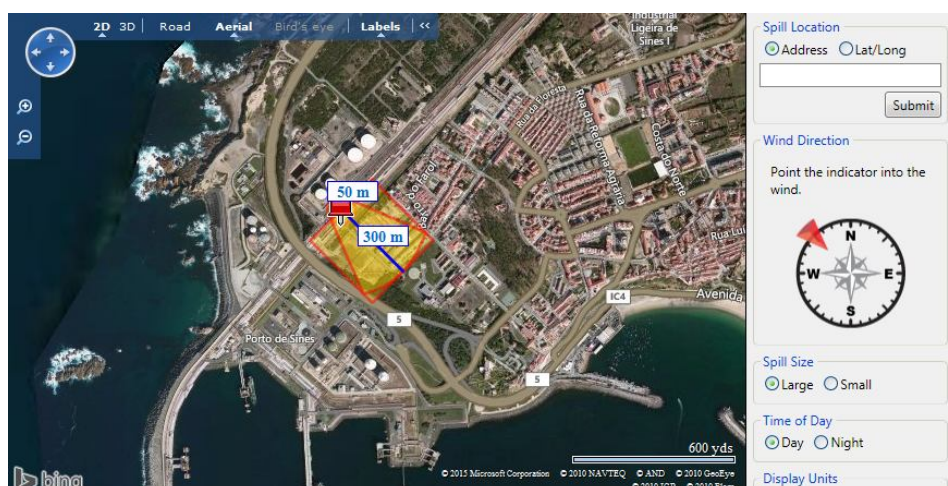
Apêndice B

Modelos de simulação consequências dos acidentes substâncias perigosas

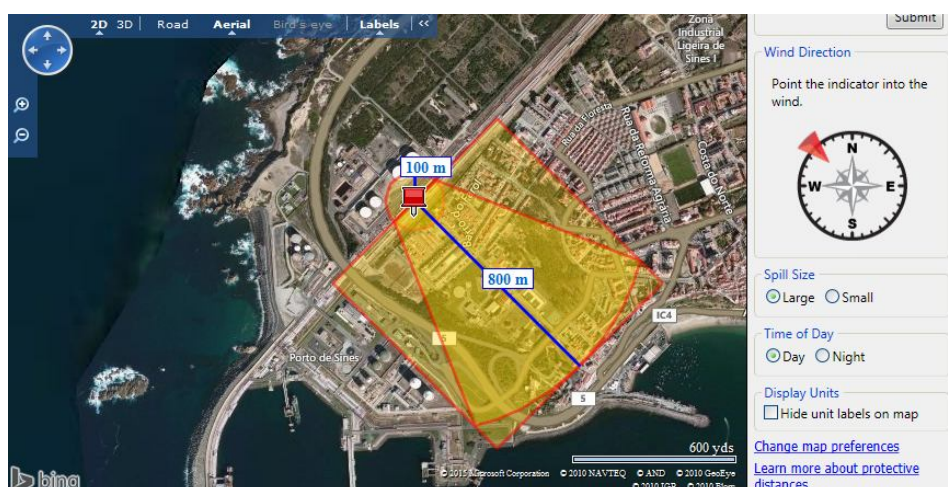


WISER (Wireless Information System for Emergency Responders) is a mobile application designed to assist first responders in hazardous material incidents.

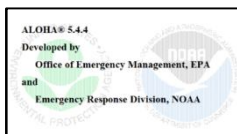
WISER (Wireless Sistema de Informação de Emergência respostas) é um aplicativo móvel designado para ajudar as equipas de 1ª ou 2ª intervenção em incidentes de materiais perigosos. Acesso rápido à informação mais importante sobre uma substância perigosa, incluindo a identificação da substância, características físicas, informações para a saúde humana e ambiente. <http://wiser.nlm.nih.gov/index.html>



Simulação de rutura na tubagem de Gasolina no TGLS



Simulação de rutura na tubagem de Propano no TGLS



ALOHA is designed to produce results quickly enough to be of use to responders during a chemical emergency response.

ALOHA (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres) é um programa desenvolvido pela NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) e EPA (EUA, Agência de Proteção Ambiental), projetado para gerenciar resposta a acidentes químicos, bem como o planeamento e treinamento. Pode estimar como uma nuvem tóxica pode dispersar após uma liberação química e também dispõe de vários cenários de incêndios e explosões.

<http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/response-tools/working-aloha.html>



CAMEO Chemicals é um banco de dados de produtos químicos perigosos que equipes de emergência e planejadores podem usar para obter recomendações de resposta e prever os riscos, tais como explosões ou incêndios com produtos químicos.

<http://response.restoration.noaa.gov/comeochemicals>



PHAST™ is the world's most comprehensive process industry hazard analysis software tool for all stages of design and operation. Phast examines the progress of a potential incident from the initial release to far-field dispersion including modelling of pool spreading and evaporation, and flammable and toxic effects.

Phast é ferramenta de software de análise de perigos do mundo mais abrangente da indústria processo para todas as fases de concepção e funcionamento. Phast examina o andamento de um incidente potencial do lançamento inicial de dispersão de campo distante incluindo modelagem de piscina espalhando e evaporação, e os efeitos inflamáveis e tóxicos.

<https://www.dnvgl.com/services/hazard-analysis-phast-1675>



FIREX é um programa de computador que permite o estudo da distribuição de intensidade espacial de radiação e / ou excesso de pressão térmica, determinando áreas de risco e zoneamento das consequências de um acidente envolvendo substâncias perigosas que apresentam riscos de explosão e / ou fogo.

http://www.unizar.es/guiar/1/Prog_inf/FIREX.htm



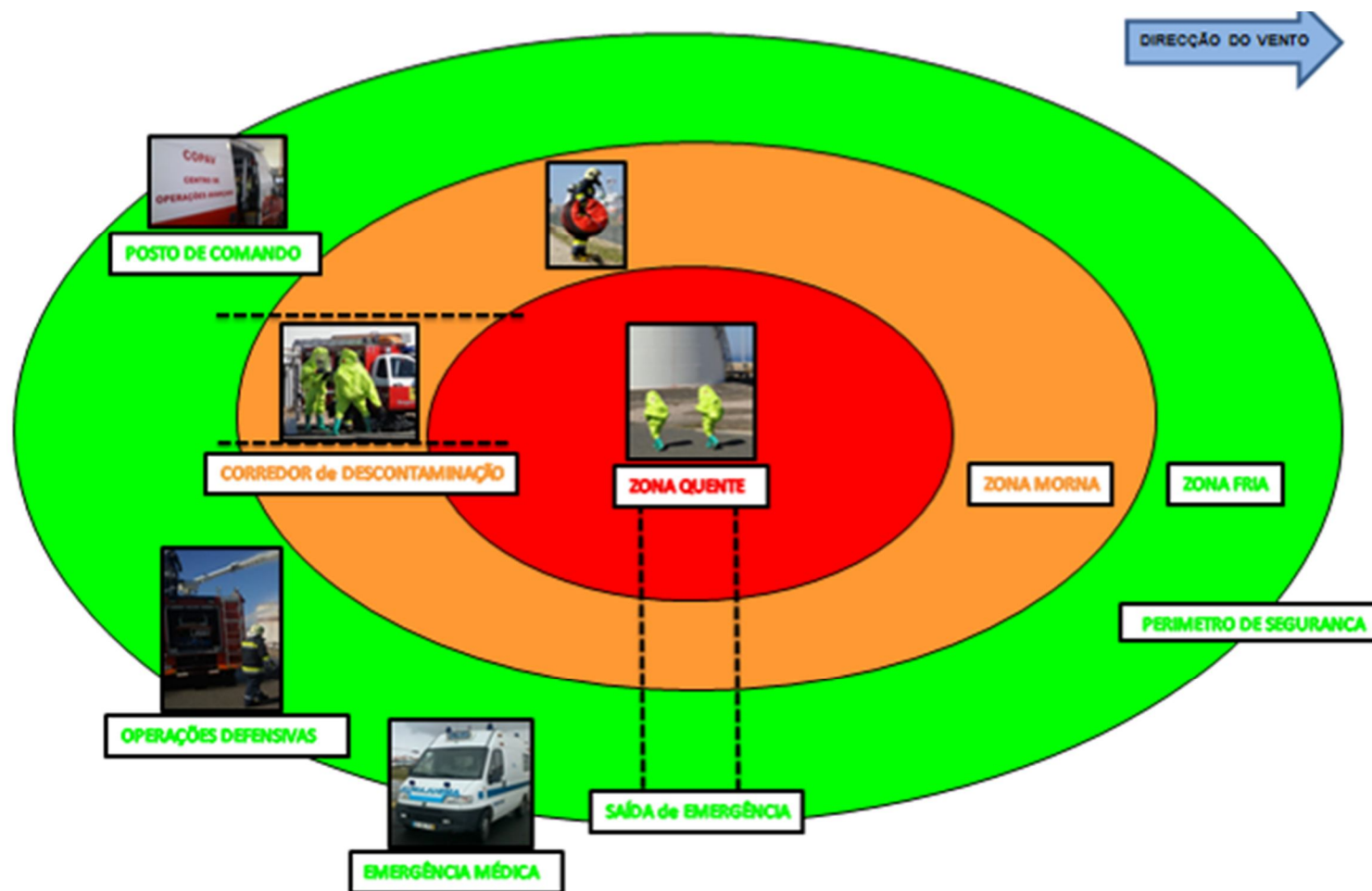
O **SCRI-Model** é um conjunto de ferramentas para simular computador; emissões de poluentes, vazamentos e derramamentos de tóxicos e explosivos danos nuvens para estimar instantâneos envolvimento cenários ou emissões contínuas sob diversas condições climáticas.

Estes modelos podem simular cenários em diferentes condições afetando vazamentos, derrames ou emissões contínuas em vários cenários de tempo para realizar estudos de impacto ambiental, plantas e instalações industriais e apoio na formação e treinamento de pessoal na gestão situações de emergência.

<http://www.dinamicaheuristica.com/index.html>

Apêndice C

Zonas de Trabalho



Anexo A

Listagem e características das substâncias inflamáveis na esteira de tubagens do TGLS

Nome	Composição	Flashpoint °C	mg/L	% vol.	Pressão de vapor KPa	Ponto de Ebulição (1 atm) °C	Densidade do gás ou vapor relativamente ao ar	Temperatura de Autoignição	Grupo e Classe de Temperatura
ETILENO	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	-135	31	2.7	4100 (20°C)	-104	0.975	425	IIB / T2
PROPANO	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	-105	39	2.0	-	-42	1.56	470	IIA / T1
BUTANO	C_4H_{10}	-60	-	1.1	115 (21°C)	-0.48	2.07	430	IIA / T2
PROPILENO	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$	-108	-	2.0	-	-47.7	1.48	455	IIA / (T1)
GASOLINA	NA	-40	0.022	0.6	60 a 98 (37,8°C)	14 a 135	3.4	220/380	IIA / T3
FUEL OIL	NA	55-65	0.043	1	6 (20°C)	200	3.5	220/330	IIA / T2
JET	NA	38	-	0,7	-	160	3	350	IIA / T2
ÁLCOOL METÁLICO	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}$	12	-	6	34,4 (40°C)	64.5	1.1	464	IIA / T1
GASÓLEO BANCAS	NA	> 56	-	0.5	0.4 (37.8°C)	N/pertinente	5	260-280	IIA / T2
NAFTA QUÍMICA	N/A	38	-	0,8	N/A	130-155	N/A	229	IIA / T1
CRUDE	-	-7 a 32	-	0,4	0,6 a 10 mm Hg	-	> 1,0	260	-
MTBE	$\text{C}_5 \text{H}_{12} \text{O}$	- 42	-	0,9	200 mm Hg	55	3,1	435	IIB / T4
MARINE DIESEL DE BANCAS	-	> 52	-	0,5	0,07 a 0,3 mm Hg	> 149	ND	249	IIA / T3
BUTADIENO	$\text{C}_4 \text{H}_6$	- 7	ND	ND	1840 mm Hg	- 4,5	-	-	-
METANOL	$\text{C} \text{H}_4 \text{O}$	11	-	6	97,7 mm Hg	64,7	1,1	464	IIA / T2
BENZENO	$\text{C}_6 \text{H}_6$	-11	-	5	74,6 mm Hg	80,1	2,77	498	IIA / T1

Anexo B

Entidades responsáveis pelo controlo de trabalhos

Instalação	Entidade	Equipamentos	Controlo de Trabalhos
Terminal Graneis Líquidos Sines	CLT	CLT	CLT
Terminal Petroquímico (TPQ) - Postos	REPSOL YPF	REPSOL YPF	REPSOL YPF
		CLT	
Parque de Bancas	PETROGAL	PETROGAL	GALP – Refinaria
Tanque 09TK06	CARBOGAL	CARBOGAL	CARBOGAL
Estação ATEC	SIGAS	SIGAS	CLT
Tanque 10TK08	EURORESINAS	EURORESINAS	APS
Tanque 10TK09	REPSOL YPF	REPSOL YPF	REPSOL YPF
Armazenagem Acido Acético e Paraxileno	ARTLANT	ARTLANT	ARTLANT
Esteiras de Tubagens	APS	CLT	APS
		REPSOL	
		EURORESINAS	
		ARTLANT	

Anexo C

Lista de Verificações ATEX

Riscos de Explosão	S/N	Medidas	S/N	Observações
Geral		Medidas que limitam ou impedem a ocorrência de atmosferas explosivas perigosas.		
● Estão presentes substâncias inflamáveis (gases, vapores, poeiras)?		● Substituir substâncias inflamáveis por não inflamável ou menos inflamáveis.		
● É possíveis a ocorrência de misturas explosivas para a quantidade disponível de ar (estimativa das fontes e quantidade de atmosfera explosiva)?		● Limitar as quantidades de materiais armazenados em locais de trabalho ao mínimo necessário para o normal progresso do trabalho.		
		● Guardar em lugares seguros os resíduos intermédios presentes no final do trabalho / turno.		
● É possível a ocorrência de atmosfera explosiva perigosa?		A prevenção ou limitação de atmosferas explosivas no interior do sistema ou parte do sistema através:		
		- Limitação da concentração;		
		- Inertização.		
		Prevenção ou limitação de atmosfera explosiva nas proximidade de sistemas e componentes do sistema por:		
		- Sistema apertado de segurança.		
		Sistemas de extração:		
		- Para os gases: ventilação (natural ou forçada);		
		- Para a poeira: medidas para eliminar depósitos.		
		● Monitorização da concentração dos gases.		
● A ocorrência de atmosferas explosivas perigosas são impedidas pelas seguintes medidas?		● Prevenção ou limitação da ignição em atmosferas explosivas perigosas.		
		● Avaliação da probabilidade e duração da ocorrência de atmosferas explosivas perigosas (classificação em zonas)		
		● De acordo com a classificação das zonas, dispositivos, componentes elétricos e não elétricos devem ser selecionados de acordo com as categorias dos equipamentos correspondentes.		

Riscos de Explosão	S/N	Medidas	S/N	Observações
● A ignição de atmosferas explosivas perigosas é seguramente impedida com as seguintes medidas?		Medidas de proteção contra explosão, limitando os seus efeitos a um nível inofensivo:		
		- Equipamento resistente à explosão;		
		- Painéis de explosão;		
		- Supressão de explosão;		
		- Isolamento da explosão, em combinação com as medidas anteriores.		
Fontes de ignição				
● Estão fontes de ignição presente?		● Prevenção de riscos de ignição efetivas dentro das zonas perigosas		
Riscos de ignição por:		- Proibição de fontes de ignição na área de trabalho de substâncias facilmente inflamáveis;		
● Chamas ou gases quentes (por exemplo, fumar, fogo, chamas vivas, soldagem e corte)		- Evitar fontes de ignição e proibir foguear, chamas vivas e fumar.		
● Faíscas geradas mecanicamente (por exemplo, durante o desbaste, fricção e martelamento)		● Faíscas geradas mecanicamente podem ser limitado pelo arrefecimento a água no ponto de moagem ou pela seleção das combinações de materiais mais favoráveis.		
● Sistemas elétricos (por exemplo, interruptores, relés)		● Selecione equipamento elétrico adequado (por exemplo, ATEX 95).		
● Superfícies quentes (por exemplo, secador, aquecimento, condutas de calor, devido à fricção e maquinaria)		● Monitorização e limitação da temperatura das superfícies quentes.		
● Eletricidade estática, (por exemplo, resultante do atrito, transporte pneumático, fluxo de líquidos)		● Dissipação de cargas através do uso de materiais condutores e por medidas de ligação à terra.		

Riscos de Explosão	S/N	Medidas	S/N	Observações
Manutenção preventiva				
● Trabalho a quente (por exemplo, rebarbar, cortar com maçarico, soldar) em áreas com potenciais riscos de explosão (general)		● Eliminar substâncias inflamáveis móveis e remover os depósitos de poeira, se necessário.		
		● Manter a área limpa, limpeza regular no trabalho por meio de equipamentos e materiais de limpeza adequados.		
		● Manutenção regular de equipamentos elétricos e mecânicos, seguindo as instruções do fabricante		